



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA EN MECATRÓNICA**

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
DE CONTEO DE PERSONAS PARA SEGURIDAD DEL
TRANSPORTE COLECTIVO UTILIZANDO VISIÓN
ARTIFICIAL”**

AUTOR: PATRICIA ANABEL CHATO CHISAGUANO.

DIRECTOR: ING. DARÍO MENDOZA

LATACUNGA

2017



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTEO DE PERSONAS PARA SEGURIDAD DEL TRANSPORTE COLECTIVO UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL”** realizado por el señorita **PATRICIA ANABEL CHATO CHISAGUANO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a la señorita **PATRICIA ANABEL CHATO CHISAGUANO**, para que lo sustente públicamente para la obtención del título de Ingeniería en Mecatrónica.

Latacunga, 23 de febrero de 2017.

Ing. Darío Mendoza
DIRECTOR



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **PATRICIA ANABEL CHATO CHISAGUANO**, con cédula de identidad N° 1804288437, declaro que este trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTEO DE PERSONAS PARA SEGURIDAD DEL TRANSPORTE COLECTIVO UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 23 de febrero de 2017.

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Patricia A. Chato'.

Patricia Anabel Chato Chisaguano

C.C.: 1804288437



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

AUTORIZACIÓN PÚBLICA

Yo, **PATRICIA ANABEL CHATO CHISAGUANO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTEO DE PERSONAS PARA SEGURIDAD DEL TRANSPORTE COLECTIVO UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 23 de febrero de 2017.

Patricia Anabel Chato Chisaguano

C.C.: 1804288437

DEDICATORIA

Con profundo reconocimiento debo dejar sentado mi dedicatoria a todas las personas que directa o indirectamente hicieron posible realizar y terminar con mi proyecto.

AGRADECIMIENTO

*No puedo dejar pasar por alto el agradecer a mi familia:
Paulina, Germán, Bryan, Vinicio, por su apoyo incondicional.*

*Además al Señor Wuelfor Barreno por proporcionarme su
unidad de trabajo que ha sido base fundamental para la
realización del proyecto.*

*Y por último al Ing. Darío Mendoza por su tiempo y
paciencia para hacer que la investigación haya sido un éxito.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv

CAPÍTULO I

PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Justificación e Importancia.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5 Marco teórico	4
1.5.1 Antecedentes Investigativos.....	4
1.5.2 Antecedentes de la Investigación.....	4
1.5.3 Fundamentación Teórica.....	5
1.6 Fundamentación legal.....	17
1.7 Comparaciones en base a lo legal.....	18
1.8 Sistema de Variables	21
1.9 Hipótesis	21

CAPÍTULO II

ALGORITMO DEL SISTEMA DE CONTEO	22
2.1 Información General.....	22
2.2 Conteo cuando una persona ingresa al Bus	22
2.3 Conteo cuando una persona sale del Bus	23
2.3.1 Exceso de pasajeros.....	23
2.4 Diagrama de flujo del sistema de Conteo de Pasajeros	24
2.4.1 Capturar Frame o Imagen	25
2.4.2 Segmentación y detección	32
2.4.3 Agrupamiento o Clustering.....	38
2.4.4 Detección de Coordenadas.....	39
2.4.5 Seguimiento, clasificación y conteo.....	40
2.4.6 Desventaja de la detección de movimiento	45
2.4.7 Cantidad Resultado de Personas.....	45
2.4.8 Exceso de Pasajeros.....	46

CAPÍTULO III

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	49
3.1 Generalidades.....	49
3.1.1 Prueba de la Detección de personas	49
3.1.2 Prueba de detección mediante en movimiento del Objeto	49
3.1.3 Resultados de la detección	54
3.2 Prueba de conteo de personas.....	54
3.2.1 Ingreso al bus.....	55
3.2.2 Salida del bus.....	56
3.3 Resultado Final.....	58
3.4 Alcances y Limitaciones.....	59
3.4.1 Alcances.....	59

3.4.2	Limitaciones	59
3.5	Validación de la Hipótesis.....	59

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
--	-----------

4.1	Conclusiones.....	63
-----	-------------------	----

4.2	Recomendaciones	66
-----	-----------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
--	-----------

ANEXO	70
--------------------	-----------

ANEXO A. Manual de Usuario

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Capacidad de pasajeros en el transporte interprovincial.....	18
Tabla 2.	Capacidad de pasajeros en el transporte intraprovincial.....	18
Tabla 3.	Capacidad de pasajeros en el transporte intraprovincial.....	19
Tabla 4.	Matriz QFD para la elección de la cámara de video.....	28
Tabla 5.	Capacidad de pasajeros en el transporte intraprovincial.....	42
Tabla 6.	Resultados de la identificación de la prueba 1.	51
Tabla 7.	Resultados de la Identificación de la Prueba 2	53
Tabla 8.	Resultados del conteo de personas que ingresan al bus.....	55
Tabla 9.	Resultados del conteo de personas que salen del bus	57
Tabla 10.	Resultado Final del sistema de conteo.....	58
Tabla 11.	Método del chi cuadrado para validar la hipótesis.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Exceso de pasajeros en el bus	1
Figura 2 Transporte actual	2
Figura 3 Imagen binaria	7
Figura 4 Neurona biológica	9
Figura 5 Neurona artificial de múltiples entradas	10
Figura 6 RNA multicapa de propagación hacia adelante	11
Figura 7 Incomodidad en el transporte.....	19
Figura 8 Aglomeración en el abordó.	20
Figura 9 Acoso en los buses.....	20
Figura 10 Robo en el bus.....	21
Figura 11 Movimiento en el eje Y.....	22
Figura 12 Conteo de ingreso de pasajeros	23
Figura 13 Conteo de salida de pasajeros.....	23
Figura 14 Diagrama de flujo del sistema de conteo de pasajeros.....	24
Figura 15 Aplicaciones de OpenCV	25
Figura 16 Frames: a) sin personas. b) entrando. c) entrando. d) saliendo...	26
Figura 17 Samsung SND-1011	27
Figura 18 Cámara Genius.....	28
Figura 19 Cable de extensión	29
Figura 20 Captura de la imagen.....	30
Figura 21 Ubicación de la cámara.....	30
Figura 22 Captura de Frames a) entrando, b) sin personas, c) saliendo	31
Figura 23 Detección de Personas.....	32
Figura 24 Comparación a) imagen resta, b) original	35
Figura 25 Umbralización a) imagen con umbral, b) original	36
Figura 26 Imágenes a) Histograma de la imagen, b) original.....	37
Figura 27 Imágenes a) apertura, b) original	38
Figura 28 Detección a) persona a, b) persona b.....	40
Figura 29 Zona de Interés o Zona de Conteo	41
Figura 30 ROI de la primera red neuronal.....	42
Figura 31 Entrenamiento disminuyendo escala	42

Figura 32 Entrenamiento aumentando escala	42
Figura 33 Zona de interés del sistema	44
Figura 34 Detección de movimiento sin obstáculos	44
Figura 35 Persona parada en la zona de interés	45
Figura 36 Exceso de pasajeros en el sistema.....	46
Figura 37 Ingreso de cantidad de pasajeros	48
Figura 38 Muestra de resultados al inicio.....	48
Figura 39 Muestra exceso de pasajeros	48
Figura 40 Segmentación pruebas: a) 1, b) 2, c) 3, d) 4.....	50
Figura 41 Detección a) 1, b) 2.....	50
Figura 42 Efectividad de la detección de personas con umbral de 20	52
Figura 43 Efectividad de la detección de personas con umbral de 8	53
Figura 44 Prueba de conteo de personas	54
Figura 45 Efectividad en el conteo de personas que ingresan al bus	56
Figura 46 Efectividad en el conteo de personas que salen del bus	57
Figura 47 Porcentaje de Efectividad del conteo de personas	58
Figura 48 Valores del chi cuadrado.....	61

RESUMEN

El conteo automático de personas es usado en plazas comerciales, lugares muy concurridos, pues la acumulación de mucha gente es muy difícil de contabilizar, en este caso es utilizado para asegurar al usuario de evitar posibles accidentes e inseguridad; así como también identifica su presencia por medio del movimiento del mismo en determinado espacio. En la actualidad existen sistemas especializados para este tipo de actividades, que requieren de un gasto para la adquisición de estos, por ello se propone solo la utilización de una cámara de video para abaratar costos de implementación. El presente proyecto, propone el uso de redes neuronales y el procesamiento de imágenes como medio para mejorar la seguridad y comodidad de los pasajeros que diariamente viajan en los diferentes transportes interprovinciales. Este consta de una estructura electrónica que es la cámara y de una programación en un software adecuado que permite el conteo de los pasajeros para determinar si los mismos suben o bajan de la unidad. El conjunto de hardware y software permitirá controlar las infracciones que cometen los conductores al llevar en sus unidades una cantidad excesiva de pasajeros.

PALABRAS CLAVE:

- **VISIÓN ARTIFICIAL**
- **REDES NEURONALES**
- **PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES**

ABSTRACT

The automatic people counting is used in shopping malls, crowded places, well the accumulation of many people it is very difficult to count, in this case it is used to secure to user of avoid accidents and insecurity; as well as identifies its presence through of the movement thereof in particular space. In the present exists specialized systems for these activities, is required a cost for the acquisition of the same, thus it intends only use a video camera to cut costs of manufacturing. This project, proposes the use of neural networks and the processing of pictures as means to improve the security and comfort of passengers that daily travel in the different interprovincial transports. This project has an electronic structure that is the camera and of a programming in a suitable software that allow the counting passengers to determine if they up or down of the unit. The set of hardware y software will allow the control of the infringements that commit the drivers when they carry in their units an excessive quantity of passengers.

KEYWORDS:

- **ARTIFICIAL VISION,**
- **BUS PASSENGERS,**
- **NEURAL NETWORKS,**
- **DIGITAL IMAGE PROCESSING,**
- **COUNT OF PEOPLE.**

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Según (Manzano, 2012) en la actualidad los sistemas de detección y reconocimiento de objetos se pueden clasificar en dos tipos: los que hacen uso de diferentes tipos de sensores (proximidad, térmicos, infrarrojos, entre otros) y los que se basan exclusivamente en la utilización de cámaras, siendo estos últimos sistemas de visión artificial. El sistema de conteo de objetos propuesto en este proyecto realiza su trabajo basado en las teorías de los sistemas de visión artificial.

La ley Ecuatoriana exige que todos los pasajeros en las unidades de transporte interprovincial viajen sentados, por tal razón es preocupante que la mayoría de unidades viajen con un número excesivo de pasajeros, lo que conlleva a la inseguridad e incomodidad de los mismos, como se observa en la figura 1.



Figura 1 Exceso de pasajeros en el bus

Fuente: (Cuevas, 2013)

Por lo expuesto anteriormente, se plantea integrar los conocimientos teóricos, tecnológicos y prácticos como el recurso humano para que se

pueda diseñar y construir el sistema de conteo de personas, que servirá como ayuda para un transporte de calidad.

1.2 Antecedentes

El flujo de personas va en aumento en todos los ámbitos de la vida pública. En todas partes (la calle, los centros comerciales, los aeropuertos, etc.) hay grandes cantidades de personas en movimiento aparentemente desordenado. Si se registran sistemáticamente estos movimientos y la cantidad de personas que transitan, los datos obtenidos se pueden utilizar comercialmente.

El problema es que, hasta el momento, esas mediciones se realizan de forma manual y son susceptibles al error humano.

Esto se ve reflejado en el número de personas que diariamente viajan en los transportes interprovinciales, ya que desde hace mucho tiempo no existe control alguno en la cantidad de pasajeros de estas unidades, como se observa en la figura 2.



Figura 2 Transporte actual

Fuente: (Dueñas, 2009)

Razón por la cual varias organizaciones del Estado tratan de aminorar este tipo de infracciones, ante tal situación surge la necesidad de diseñar e implementar un sistema que cuente el número de personas que se suben y bajan de los buses interprovinciales para asegurar que las unidades

transiten con la cantidad de pasajeros que la ley permite, para que los viajeros vayan cómodos y seguros.

1.3 Justificación e Importancia

Es necesaria una herramienta que ayude al cambio de cultura por parte de los conductores del transporte interprovincial y el respeto a los pasajeros, con el fin de hacer respetar las normas y leyes de tránsito vigentes, y el contar con el manejo de la intensidad del flujo de personas, para obtener un servicio de transporte de calidad, por tal motivo se requiere:

- Conocer la infracción cometida y la intensidad de personas que se suben a los buses.
- Establecer la cantidad de personas que se encuentran dentro de la unidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de conteo de personas para la seguridad del transporte colectivo utilizando visión artificial.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Investigar acerca del transporte de pasajeros en buses interprovinciales.
- Comparar la cantidad de pasajeros que diariamente viajan en los buses de la Cooperativa San Juan de la provincia de Tungurahua y lo que establece la ley.
- Seleccionar los diferentes componentes para la construcción del sistema, cámara, otros elementos (hardware y software).
- Desarrollar el software basado en aprendizaje de máquinas.
- Realizar la programación del sistema de conteo de pasajeros en un bus de la Cooperativa San Juan de la provincia de Tungurahua.
- Implementar el sistema y ensamblar todos sus elementos.

- Realizar pruebas al sistema implementado en un bus de la Cooperativa San Juan de la provincia de Tungurahua.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Antecedentes Investigativos

En muchas ocasiones es necesario considerar y determinar el tránsito peatonal de un determinado lugar. Un ejemplo muy claro es el caso de los supermercados, los cuales exigen el conocimiento aproximado del número de clientes que tienen por día para así poder establecer la estrategia de marketing, horarios y contratación de mano de obra para los días con mayor afluencia. (Cuevas, 2013)

Existe una gran cantidad de aplicaciones del seguimiento de peatones. Los sistemas de seguimiento específicos para aplicaciones de realidad virtual y aquellas en que la medición del rendimiento deportivo requiere que partes específicas del cuerpo sean rastreadas. En contraste, la supervisión de la seguridad, la detección, conteo de personas, control de tráfico peatonal y aplicaciones de identificación del patrón de flujo de tráfico peatonal enfatizan el seguimiento en un nivel más robusto. En este caso todos los individuos en una escena pueden ser considerados como unidades únicas indivisibles. Por supuesto, un sistema que puede realizar el seguimiento simultáneo en todas las escalas es altamente deseable, pero hasta ahora, tal sistema no existe. (Masoud & Papanikolopoulos, 2001)

1.5.2 Antecedentes de la Investigación

Los últimos años se han caracterizado por un cambio drástico en la utilización de las tecnologías, ya sean para bien o para mal uso de las mismas. Entre las buenas aplicaciones del uso de las tecnologías modernas está en mejorar diversos aspectos de la vida humana como son: seguridad, salud, educación, etc.

Un primer trabajo corresponde a (García, 2104), se denomina “Sistema de Visión Artificial para conteo de personas en un contorno controlado”. Se

trata de un proyecto orientado a identificar los objetos que se encuentran en movimiento, los cuales aparecen en una secuencia de video.

Pero el objetivo general es clasificar esos objetos como personas y no personas, para ello se utilizan una serie de cámaras; así como su configuración en relación a parámetros de funcionamiento en tiempo real.

El resultado obtenido es la información generada de acuerdo a las estadísticas de paso de personas en las últimas 48 horas, preservando su privacidad al sustituir a las personas por elipses. Los resultados obtenidos se muestran en una página web.

Un segundo trabajo realizado por (Chang, 2016), quien realizó “A Deep Architecture for Visually Analyze Pap Cells”. En este trabajo se manejaron teorías sobre visión artificial y redes neuronales, en los que se pretende de manera general amenorar el tiempo de una actividad en la que se tardaría mucho.

La investigación se enmarcó dentro de un proyecto factible. El sistema creado por Chang es un software que funciona mediante lo explicado anteriormente: visión artificial y redes neuronales. Que identifica células cancerígenas, que se pudieran encontrar en placas tomadas a pacientes mujeres que se realizan el proceso de Papanicolaou.

Lo que se recalca en el proyecto es que no es necesaria la intervención de una persona para el análisis de las placas y que el tiempo en el que se lograría el resultado es de 1 minuto, lo que anteriormente se realizaba en unos 20 minutos aproximadamente.

1.5.3 Fundamentación Teórica

1.5.3.1 Visión Artificial

La Visión Artificial o también llamada Visión por Computador, pretende capturar la información visual del entorno físico para extraer características relevantes visuales, utilizando procedimientos automáticos. (Dueñas, 2009),

menciona que “Visión es un proceso que produce a partir de imágenes del mundo exterior una descripción útil para el observador y no tiene información irrelevante”.

Según (Etitudela, 2008) con la visión artificial se pueden:

- Automatizar tareas repetitivas de inspección realizadas por operadores.
- Realizar controles de calidad de productos que no era posible verificar por métodos tradicionales.
- Realizar inspecciones de objetos sin contacto físico.
- Reducir el tiempo de ciclo en procesos automatizados.
- Realizar inspecciones en procesos donde existe diversidad de piezas con cambios frecuentes de producción.

Las principales aplicaciones de la visión artificial en la industria actual son:

- Identificación e inspección de objetos.
- Determinación de la posición de los objetos en el espacio.
- Establecimiento de relaciones espaciales entre varios objetos (guiado de robots)
- Determinación de las coordenadas importantes de un objeto.
- Realización de mediciones angulares.
- Mediciones tridimensionales.

1.5.3.2 Métodos de captación de imágenes

Según (Ponce, 2016) existen varios métodos de captación de imágenes:

- Digital: La función obtenida tras el resultado de la medida o muestreos realizados a intervalos de tiempo espaciados regularmente, siendo el valor de dicha función un número positivo y entero. Los valores que esta función toma en cada punto dependen del brillo que presenta en esos puntos la imagen original.
- Píxel: Una imagen digital se considera como una cuadrícula. Cada elemento de esa cuadrícula se llama Píxel (Picture element). La

resolución estándar de una imagen digital se puede considerar de 512x484 Pixel.

- Nivel de grises: Cuando una imagen es digitalizada, la intensidad del brillo en la escena original correspondiente a cada punto es cuantificada, dando lugar a un número denominado “nivel de gris”.
- Imagen binaria: Es aquella que sólo tiene dos niveles posibles: negro y blanco. Cada píxel se convierte en negro o blanco en función del llamado nivel binario o UMBRAL, como se puede ver en la figura 3.

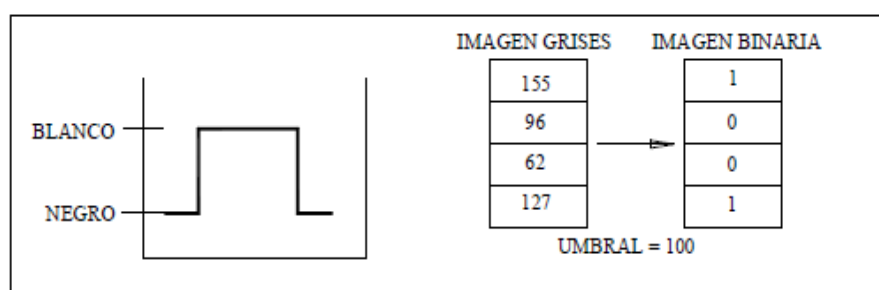


Figura 3 Imagen binaria

Fuente: (González & Woods, 2001)

- Escena: Es un área de memoria donde se guardan todos los parámetros referentes a la inspección de un objeto en particular: Cámara utilizada, imágenes patrón memorizadas, tolerancias, datos a visualizar, entradas y salidas de control, etc. (Etitudela, 2008).

1.5.3.3 Cámaras

Su función es capturar la imagen proyectada en el sensor, de vías ópticas, para poder transferirla a un sistema electrónico.

Las cámaras utilizadas en visión artificial requieren de una serie de características que permitan el control del disparo de la cámara para capturar piezas que pasan por delante de ella en la posición requerida. Son más sofisticadas que las cámaras convencionales, ya que tienen que poder realizar un control completo de: tiempos, señales, velocidad de obturación, sensibilidad, etc. (Albores, 2002)

1.5.3.4 Técnicas de Conteo de personas

Según (Cuevas, 2013), existen diferentes aplicaciones comerciales para el conteo de personas, los cuales aún tienen desventajas grandes frente al costoso software dedicado al conteo de personas, dado que, por ser este especializado, requiere de dispositivos propiamente costosos y exclusivo solamente para su necesidad, es decir, requieren de un espacio y sus aplicaciones son limitadas.

Es posible obtener una estimación del tráfico peatonal con los diversos métodos existentes para el conteo de personas, sin utilizar un software costoso, tal es el caso del contador mecánico que consiste en torniquetes y puertas giratorias colocados en las entradas de las instalaciones, sin embargo, este sistema tiene el problema de no permitir el flujo rápido en las entradas cuando existe mucha afluencia. Otro caso es el contador térmico, el cual tiene un sensor que identifica el gradiente entre la temperatura ambiental y la temperatura corporal, este tipo de contador es ineficiente cuando la temperatura ambiental es semejante a la corporal. El contador manual permite que una persona detecte el flujo peatonal de manera manual, con la evidente desventaja que una persona tiene cuando existen grandes acumulaciones de personas, además de que el contador manual usualmente tiene sólo 4 dígitos.

Otra técnica utilizada es el contador mediante rayos infrarrojos, es decir, un dispositivo infrarrojo se comunica con un receptor de extremo a extremo, cuando una persona pasa, la comunicación es intervenida y en este caso el contador se activa y agrega una persona a la cuenta. El problema que existe con este mecanismo es la denominada oclusión.

El problema de oclusión es el generado debido al amotinamiento de las personas, es decir, al cruzar un grupo de personas al mismo tiempo, el contador sólo detecta una.

Actualmente existen estudios acerca del conteo de personas mediante videocámaras.

Sin lugar a dudas con el auge que ha tomado la tecnología en cuanto a imágenes y video, ha sido posible la adquisición de cámaras a muy bajo costo, el cual permite tener un almacenamiento confiable de los sucesos acontecidos durante el día con lo que no sólo puede ser utilizado con fines de seguridad, sino también el conteo de personas.

1.5.3.5 Redes Neuronales Artificiales.

El cerebro humano consiste de un gran número (aproximadamente 10^{11}) de elementos altamente conectados (aproximadamente 10^4 conexiones por elemento) llamados neuronas (Hagan, 1992) como el que se muestra en la figura 4:

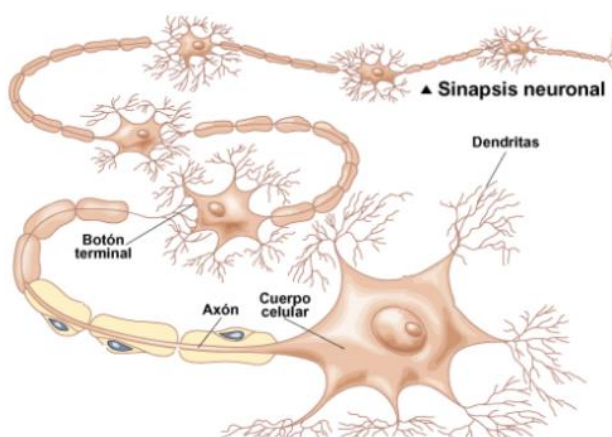


Figura 4 Neurona biológica

Fuente: (Ponce, 2016)

En general, una neurona está compuesta por tres elementos: las dendritas, que reciben las señales de entrada procedentes de otras neuronas a través de uniones llamadas sinapsis; el soma, que constituye el cuerpo de la neurona y el axón, el cual lleva la salida de la neurona a las dendritas de otras neuronas.

Esta estructura neuronal puede verse como un proceso, con sus respectivas funciones de entrada y salida. En éste, las dendritas reciben las señales de las neuronas adyacentes y las transmiten al cuerpo en forma de un potencial eléctrico. Estas señales eléctricas son integradas por el cuerpo celular (soma). Si este potencial eléctrico es superior a un valor umbral, el

soma genera un corto impulso eléctrico. Este impulso se transmite por el axón, el cual se ramifica y dirige el impulso a varias neuronas vía sinapsis (Ghaziri, 1996).

En la figura 5 se muestra una neurona artificial de múltiples entradas. En ésta, las entradas individuales x_1 , x_2 , x_3 y x_4 son multiplicadas correspondientemente por los elementos w_1 , w_2 , w_3 y w_4 de la matriz de pesos W y enviados a la suma. La otra entrada, 1, es multiplicada por un sesgo b y después se pasa también a la suma. La salida de la suma, n , se pasa a la función de transferencia f , que produce una salida de la neurona.

En correspondencia a su contraparte biológica, los elementos de la matriz de pesos W corresponden a la “fuerza” o efectividad de las sinapsis, el cuerpo de la célula es representado por la suma y la función de transferencia; a su vez, la salida a de la neurona representa la señal en el axón.

El interés por las RNAs ha crecido rápidamente desde la introducción de neuronas simplificadas presentadas por McCulloch y Pitts en 1943 (McCulloch & Pitts, 1943).

Además, las redes neuronales se han aplicado exitosamente en problemas de reconocimiento de patrones, clasificación, agrupamiento y predicción (Ghiassi, 2005).

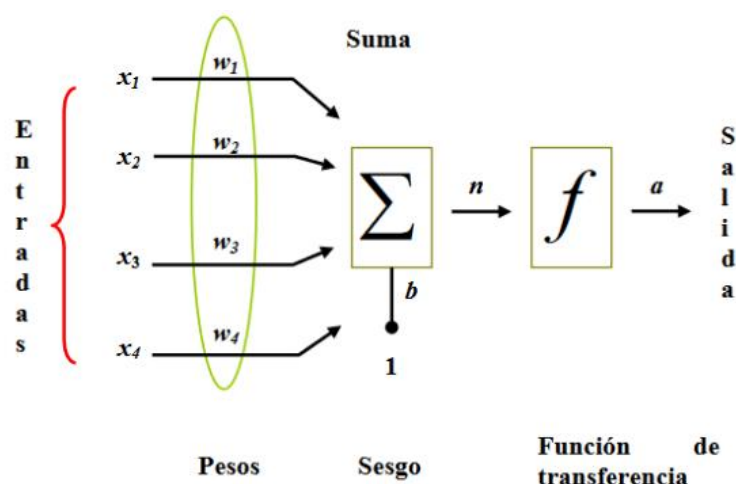


Figura 5 Neurona artificial de múltiples entradas

Fuente: (Dueñas, 2009)

De modo general, una RNA está formada por un conjunto de neuronas interconectadas. El modo en que se interconectan constituye la arquitectura de la red.

Existen diferentes arquitecturas de RNA, pero la arquitectura a utilizar depende en gran medida de la aplicación a resolver. De acuerdo a (Bishop, 1995), en el problema de clasificación, la RNA utilizada la mayoría de las veces es una red de arquitectura de propagación hacia adelante como el perceptrón multicapa o la red de función de base radial.

Una RNA multicapa de propagación hacia adelante (conocida en inglés como feedforward) está compuesta de una o más capas. Como se puede ver en la figura 6, cada capa consiste de unidades que reciben su entrada de una capa directamente anterior y envían su salida a unidades en una capa directamente posterior. No hay conexiones entre las unidades de una misma capa.

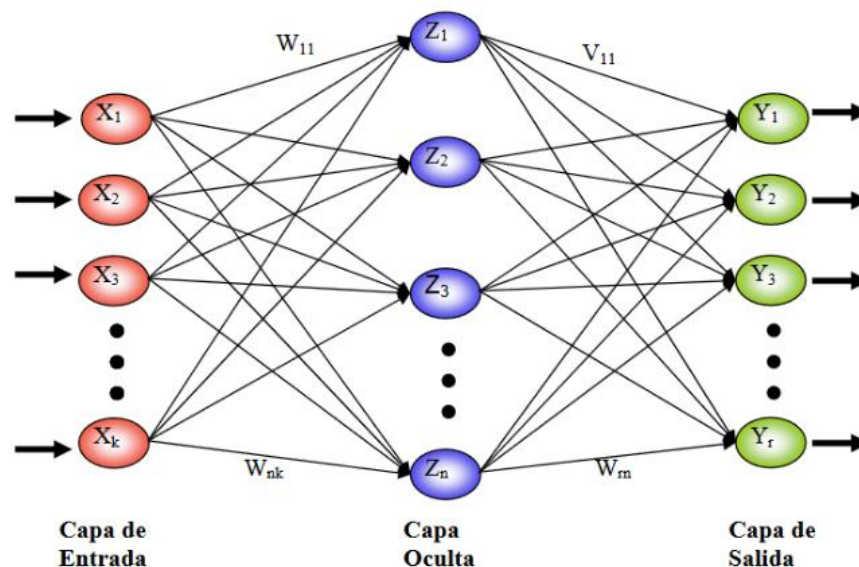


Figura 6 RNA multicapa de propagación hacia adelante

Fuente: (Dueñas, 2009)

La primera capa es también llamada capa de entrada y es donde se recibe las entradas externas. La última capa es conocida como capa de salida y en ésta se obtiene la respuesta de la red. La capa de entrada y la capa de salida están separadas por una o más capas denominadas capas ocultas.

El número de neuronas en cada capa depende de la aplicación a llevar a cabo. El tamaño de las capas de entrada y de salida está definido por especificaciones externas del problema.

Por ejemplo, si existen cuatro variables externas a ser usadas como entradas, entonces existen cuatro neuronas en la capa de entrada más una neurona con el valor de uno para el sesgo. De la misma manera, si se esperan tres salidas de la red, debe haber entonces tres neuronas en la capa de salida. En general, solamente el número de neuronas en la capa oculta (o capas ocultas) es estimado.

Una vez que se ha definido la estructura de la red, se deben inicializar los pesos y sesgos. Esto, por lo general, se hace aleatoriamente. (Kolen & Pollack, 1990) Demostraron computacionalmente (usando el método Monte Carlo) que, en general, no es posible realizar una búsqueda global para obtener un conjunto óptimo de pesos iniciales. Se escoge entonces un conjunto aleatorio para la inicialización de los pesos. Ya inicializados los pesos, la red está lista para su entrenamiento. Una red puede ser entrenada para realizar tareas específicas como aproximación de funciones, asociación de patrones o clasificación de patrones.

El proceso de entrenamiento requiere un conjunto de patrones de comportamiento adecuado de la red conformado por entradas y salidas conocidas.

Conforme las entradas son aplicadas a la red, las salidas de la red son comparadas a las respuestas deseadas. Se aplica entonces un procedimiento iterativo para ajustar los pesos y sesgos de la red de tal manera que, las respuestas se vayan acercando a las respuestas deseadas como se muestra en la figura 6. En otras palabras, se trata de minimizar una función de desempeño de la red. A este proceso se le llama entrenamiento supervisado. La función de desempeño predeterminada para redes de propagación hacia adelante es el error cuadrado medio; esto es, el error cuadrado medio entre la salida de la red y la respuesta esperada.

Según (Maldonado, 2006) los algoritmos de entrenamiento más comunes son los de retro propagación del error tales como Levenberg-Marquardt (lm) y el de Regularización Bayesiana (br). En estos algoritmos, cada neurona de salida recibe una respuesta esperada (conocida en inglés como target) correspondiente a la entrada del patrón de entrenamiento, y calcula el error de la salida con respecto a la respuesta esperada y se propaga hacia atrás a través de las conexiones de la RNA actualizando los pesos de las mismas.

1.5.3.6 Técnicas de detección, seguimiento del movimiento y procesamiento de imágenes

En particular, son tareas del sistema propuesto: diferenciar el fondo de la escena de los objetos que se encuentran en movimiento; distinguir cuáles de los objetos en movimiento detectados corresponden a una persona o al tipo de forma que se quiere reconocer; y hacer el seguimiento, dentro de la escena, a todos aquellos elementos que hayan sido reconocidos.

Según (Loaiza, 2012) se describen las técnicas utilizadas para satisfacer las necesidades del sistema.

Las etapas del procesamiento de imagen son:

- Captura.
- Pre-procesamiento
- Segmentación.
- Descripción.
- Identificación de objetos.

1.5.3.7 Sustracción de fondo

La sustracción de fondo es una técnica utilizada para la detección de los objetos en movimiento, cuya aplicación consiste en comparar cada uno de los Frames (cada una de las imágenes que componen un video) de una secuencia de imágenes con el frame inicial u otro que se escoja a conveniencia, de tal forma que en el video resultante, los elementos que permanezcan constantes se vean de color negro, y los que han cambiado,

aparezcan de color blanco o viceversa. Este proceso corresponde a la etapa de segmentación y está basado en técnicas de detección de regiones que hacen uso de la binarización basada en umbrales (Vélez, 2003) y funciones estadísticas de densidad para establecer el modelo de fondo. El resultado (manchas) de este proceso determina cuáles son los objetos de interés en la imagen.

1.5.3.8 Análisis de manchas

El análisis de las manchas primero requiere la separación del objeto del fondo. Usando una imagen digital binarizada (solo píxeles totalmente blancos o totalmente negros), se agrupan los píxeles del objeto para formar un patrón. La geometría de este patrón se utiliza, entonces, para identificar el objeto, localizarlo y examinarlo (Múnera, 2012). Este es un método simple, rápido y capaz de manejar cambios de rotación y tamaño. Este proceso corresponde a la etapa de descripción, ya que permite determinar cuáles de los objetos de la escena corresponden al objetivo de estudio y cuáles pueden ser descartados (González & Woods, 2001).

1.5.3.9 Seguimiento de manchas

Los objetos físicos generalmente presentan un movimiento suave a lo largo del tiempo, como consecuencia de la inercia. El seguimiento visual de objetos se basa fundamentalmente en esta consideración.

Un factor clave para conseguir que un algoritmo computacional pueda seguir la posición de los objetos en movimiento, es la posibilidad de anticipar este movimiento a partir de su caracterización previa.

Esta información a priori se usa para que los algoritmos atiendan al objeto de interés (por ejemplo, una cabeza en una aplicación de videoconferencia, un intruso en un sistema de vigilancia) y no se distraigan con otros objetos presentes en la imagen. Junto a un modelo dinámico que describa la evolución del movimiento a lo largo del tiempo, es fundamental disponer de un conjunto de observaciones sobre el desplazamiento sufrido por los elementos de la imagen en varios cuadros, para plantear así el seguimiento.

Los parámetros del algoritmo pueden estar referidos a su localización real en la escena (seguimiento 3D) o bien al movimiento proyectado sobre el espacio de imagen (seguimiento 2D) (Pajares & De la Cruz, 2008).

1.5.3.10 Regiones y puntos de medición

Según (Loaiza, 2012) Gracias al seguimiento de manchas es posible conocer la posición de cada objeto de interés dentro de la escena y el flujo que lleva desde su ingreso. Si se usa esta información y se comparan esos datos con los de cada objeto que ha ingresado en la escena, se pueden obtener y demarcar áreas de especial interés, por ejemplo, áreas de mayor afluencia o áreas de tránsito entre un área y otra.

Para determinar esas áreas, es importante definir puntos de medición que permiten conocer los puntos de entrada y de salida de los objetos de la escena; para mayor utilidad se pueden definir puntos de entrada y salida de cada área definida.

1.5.3.11 Aplicaciones de las técnicas de detección y seguimiento del movimiento.

Las aplicaciones de las técnicas se clasifican, generalmente, en cuatro grandes áreas: obtención de la distancia de los objetos en la escena y estructura tridimensional; detección de objetos en movimiento; reconocimiento de patrones y formas; y reconocimiento de objetos tridimensionales. El sistema de este proyecto se puede enmarcar en las tres últimas, pues la solución del problema requiere detectar los objetos, analizarlos y determinar si se trata de personas u otro tipo de objetos.

Es posible detectar la presencia de objetos en movimiento mediante la comparación de una secuencia de imágenes obtenidas de la escena tridimensional en diferentes instantes de tiempo, para lo que se pueden utilizar diferentes técnicas de estimación de flujo óptico. Tales como: el método local (Lucas-Kanade) y el método global (Gauss-Seidel). El tratamiento de secuencias también se utiliza para la detección de cambios en diferentes ambientes (Múnera, 2012).

El reconocimiento de formas y patrones se centra en caracterizar los objetos por la forma determinada de su contorno, la cual detalla la región que delimitan y sus propiedades subyacentes.

Las técnicas de obtención de las formas, a partir de sombras (shape form shading), también se encaminan a la obtención de la estructura tridimensional mediante el conocimiento de la iluminación de la escena y la determinación del punto de observación de la misma (Loaiza, 2012).

1.5.3.12 Software OpenCV

Según (Molina, 2016) OpenCV (Open source Computer Vision library) es una librería abierta desarrollado por Intel. Esta librería proporciona un alto nivel funciones para el procesado de imágenes. Estas librerías permiten a los programadores para crear aplicaciones poderosas en el dominio de la visión digital. OpenCV ofrece muchos tipos de datos de alto-nivel como juegos, árboles, gráficos, matrices, etc. OpenCV es opensource para poder funcionar en muchas plataformas.

OpenCV implementa una gran variedad de herramientas para la interpretación de la imagen. Es compatible con Intel Image Processing Library (IPL) que implementa algunas operaciones en imágenes digitales. A pesar de primitivas como binarización, filtrado, estadísticas de la imagen, pirámides, OpenCV es principalmente una librería que implementa algoritmos para las técnicas de la calibración (Calibración de la Cámara), detección de rasgos, para rastrear (Flujo Óptico), análisis de la forma (Geometría, Contorno que Procesa), análisis del movimiento (Plantillas del Movimiento, Estimadores), reconstrucción 3D (Transformación de vistas), segmentación de objetos y reconocimiento (Histograma, etc.).

El rasgo esencial de la librería junto con funcionalidad y la calidad es su desempeño. Los algoritmos están basados en estructuras de datos muy flexibles, acoplados con estructuras IPL; más de la mitad de las funciones ha sido optimizada aprovechándose de la Arquitectura de Intel.

OpenCV en cuanto a análisis de movimiento y seguimiento de objetos, ofrece una funcionalidad interesante. Incorpora funciones básicas para modelar el fondo para su posterior sustracción, generar imágenes de movimiento MHI (Motion History Images) para determinar dónde hubo movimiento y en qué dirección, algoritmos de flujo óptico, etc.

OpenCV viene con una interface gráfica llamada highGUI. Esta interfaz gráfica es muy importante porque se necesita bajo OpenCV para visualizar imágenes.

1.6 Fundamentación legal

Como base esencial dentro del Marco Legal hay que considerar al Código Orgánico Integral Penal en su capítulo Octavo acerca de Infracciones de Tránsito, sección segunda, Delitos Culposos de Tránsito, señala claramente en su artículo 381 acerca del exceso de pasajeros y sus sanciones (ANT, 2014).

Art. 381.- Exceso de pasajeros en transporte público. - La persona que conduzca un vehículo de transporte público, internacional, intrarregional, interprovincial, intraprovincial con exceso de pasajeros, será sancionada con pena privativa de libertad de seis meses a un año, suspensión de la licencia de conducir por el mismo plazo.

También se establece como fundamento legal lo que dicta el Directorio de la Agencia Nacional de Regulación y Control de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial en su Resolución N° 007-DIR-2014-ANT:

Los parámetros de capacidad en el transporte interprovincial, se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1**Capacidad de pasajeros en el transporte interprovincial**

Según el tipo de Vehículo	Número de Ejes	Longitud Máxima Permitida	Promedio de un chasis	Capacidad de pasajeros	Peso por pasajero	Peso equipaje pasajero
Bus	2 ejes	13000 mm	17000 kg.	Máx. 45 pas.	70 kg.	Máx. 5 kg
	Más de 2 ejes	15000 mm	24000 kg.	Máx. 53 pas.	70 kg.	Máx. 5 kg
Minibús	2 ejes	11000 mm	9000 kg.	30 a 38 pas.	70 kg.	Max. 5 kg

Fuente: (ANT, 2014)

Los parámetros de capacidad en el transporte intraprovincial, se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2**Capacidad de pasajeros en el transporte intraprovincial**

Tipo de Vehículo	Número de Ejes	Longitud Máxima Permitida mm	Capacidad de pasajeros	Peso del equipaje pasajero	Peso equipaje en bodega
Bus	2 ejes	13000	Máx. 45	Máx. 5 kg	Máx. 30 kg
	> 2 ejes	15000	Máx. 53	Máx. 5 kg	Máx. 30 kg
Minibús	2 ejes	11000	30 a 38	Max. 5 kg	Max. 20 kg

Fuente: (ANT, 2014)

1.7 Comparaciones en base a lo legal.

Este análisis está realizado para comparar la cantidad de pasajeros que diariamente viajan en la unidad de transporte utilizada para la implementación del sistema, los resultados se muestran la Tabla 3.

Tabla 3**Capacidad de pasajeros en el transporte intraprovincial**

N°	Día	Ruta	Vueltas al día	Pasajeros vuelta más afluente	Establece la ley
1	Lunes	Ambato-Mocha	6	60	45
2	Martes	Ambato-Cuenca	1	45	45
3	Miércoles	Cuenca-Ambato	1	45	45
4	Jueves	Ambato-Mocha	6	40	45
5	Viernes	Ambato-Riobamba	3	50	45
6	Sábado	Ambato-Babahoyo	1	45	45
7	Domingo	Ambato-Mocha	6	55	45

Según los resultados, se puede apreciar que en varios días existe una afluencia excesiva de pasajeros considerable, esto se debe al poco control que existe por parte de las autoridades. Los datos mostrados representan la frecuencia en la que existió más pasajeros. Además el cronograma de rutas varía de acuerdo a las fechas.

El exceso de pasajeros en las unidades de transporte es un problema muy importante que afecta a la sociedad en varios aspectos, uno de ellos es la incomodidad que sufren, tanto los que viajan sentados y más los que lo hacen parados, como se observa en la figura 7.

**Figura 7 Incomodidad en el transporte**

Fuente: (Comerio, 2015)

Otro aspecto que se debe mencionar es la inseguridad, ya que los ladrones hacen de las suyas mientras las personas esperan llegar a su destino y en algunos casos mientras se suben y bajan del bus, como se observa en la figura 8.



Figura 8 Aglomeración en el abordo.

Fuente: (Comerio, 2015)

También la sobrecarga de usuarios da lugar a la aparición de individuos que se atreven a manosear a las pasajeras, dado lugar al acoso en los buses, como se observa en la figura 9.



Figura 9 Acoso en los buses.

Fuente: (Comerio, 2015)

Robos en los buses

Según el Diario el (Comerio, 2015) en una de sus publicaciones dice que: 15462 buses urbanos, intraprovinciales e interprovinciales tienen cámaras de seguridad y pese a eso se registran incidentes de robo en Guayas, Ambato,

Pichincha y Cuenca. Según el proyecto Transporte Seguro, estas provincias registran la mayor cantidad de alertas en el interior de buses.

En el 2014, 575 personas fueron detenidas para investigación por estar vinculadas con asaltos a buses.

En su despacho, el jefe de la Policía Judicial de Guayaquil, Roosevelt Campos, revisa varios expedientes y asegura que la mayoría de los delincuentes aprehendidos fingen que son vendedores informales o simples pasajeros que se suben cuando existe gran cantidad de estos en la unidad. Así ingresan a los buses.



Figura 10 Robo en el bus.

Fuente: (Vélez, 2003)

1.8 Sistema de Variables

- **Variable Independiente.**

El sistema de conteo de pasajeros.

- **Variable Dependiente.**

Cumplimiento de las leyes de tránsito para evitar multas o sanciones y para incrementar seguridad y comodidad de los pasajeros.

1.9 Hipótesis

La hipótesis de este proyecto de investigación es: ¿El sistema de conteo de pasajeros en un bus interprovincial permitirá el cumplimiento adecuado de las leyes de tránsito en lo referente a la capacidad de pasajeros, lo que contribuirá a aumentar la seguridad y comodidad de los ocupantes?

CAPÍTULO II

ALGORITMO DEL SISTEMA DE CONTEO

2. Información General

En este capítulo se analizará cada una de las funciones o el algoritmo necesario para que el sistema de conteo de personas que ingresan o salen de un bus funcionen correctamente, a través de visión artificial que es generado por una video cámara, donde se pueda determinar si existe exceso de pasajeros o cumple con las leyes de tránsito correspondientes.

2.1 Conteo cuando una persona ingresa al Bus

El sistema de conteo tendrá la capacidad de detectar mediante visión artificial, a la persona que está en la dirección indicada para ingresar al bus es decir, cuando el movimiento sea detectado y la red lo clasifique como movimiento en el eje Y positivo, como se observa en la figura 11.

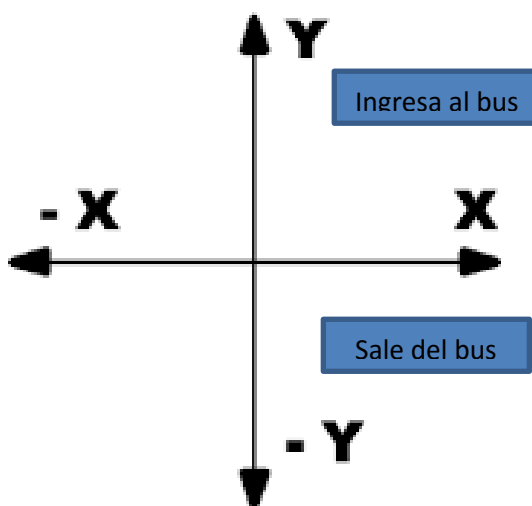


Figura 11 Movimiento en el eje Y

La misma que debe pasar por una zona de interés o conteo, en ese momento aumentará la cantidad de personas existentes en el vehículo, hasta cubrir la capacidad máxima (Ejemplo 45 pasajeros), si sobrepasa esta cantidad, el sistema determinará que hay exceso de pasajeros, mostrándolo en la pantalla, una mejor explicación se observa en la figura 12.

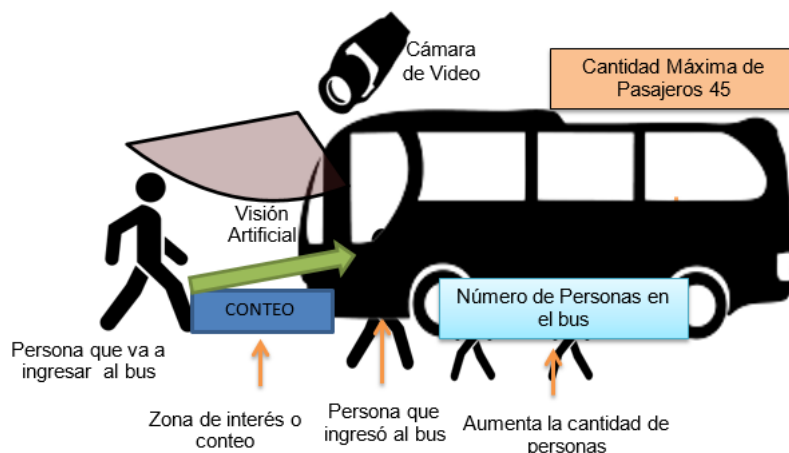


Figura 12 Conteo de ingreso de pasajeros

2.2 Conteo cuando una persona sale del Bus

El sistema de conteo tendrá la capacidad de detectar mediante la video cámara a la persona que está en la dirección indicada para salir del bus, como se observa en la figura 13, es decir, se mueve a lo largo del eje Y negativo, detectado por la red, en ese momento disminuye la cantidad de personas existentes en la unidad de transporte.

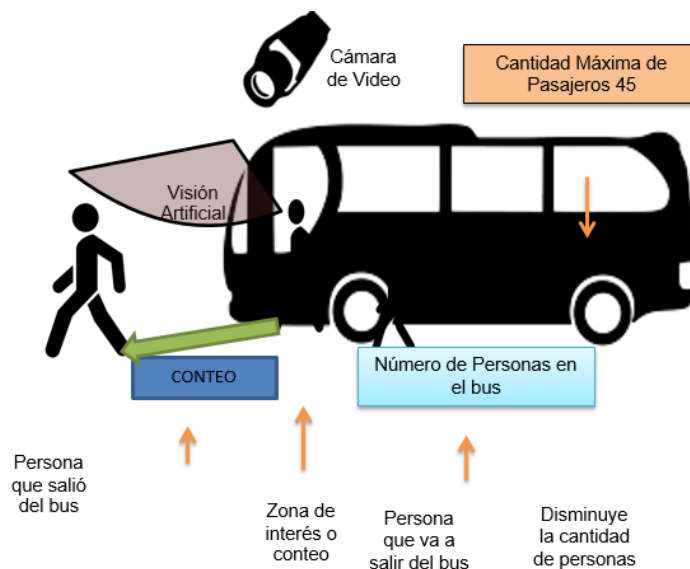


Figura 13 Conteo de salida de pasajeros

2.3 Exceso de pasajeros

Una vez que la cantidad de personas haya excedido la capacidad máxima del bus, entonces habrá exceso de pasajeros, este resultado se será identificado mediante el aviso en la pantalla.

2.4 Diagrama de flujo del sistema de Conteo de Pasajeros

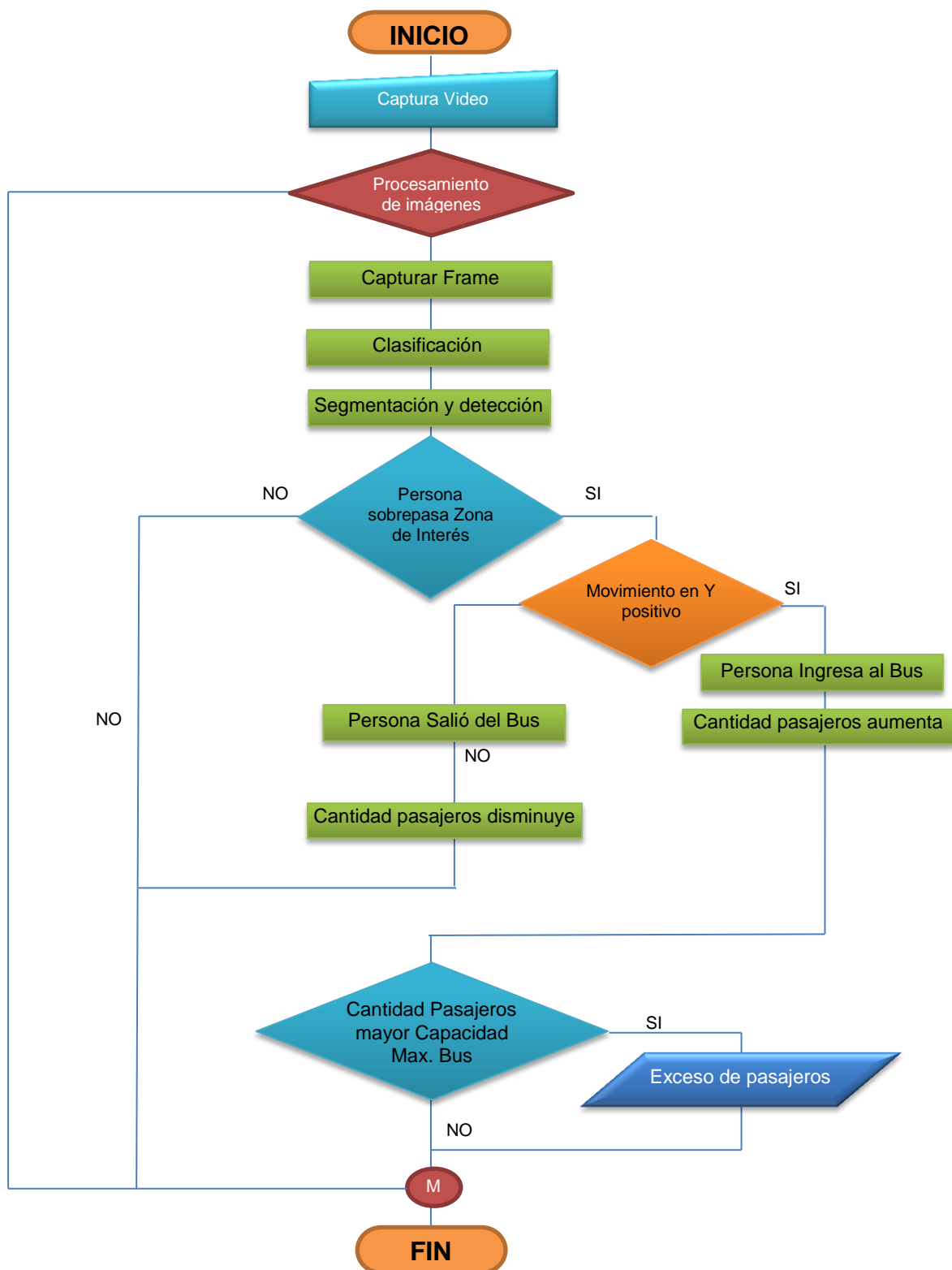


Figura 14 Diagrama de flujo del sistema de conteo de pasajeros

Como se puede observar en la figura 14, se muestran cada una de las etapas del proceso de conteo desde la adquisición hasta el aumento o disminución de pasajeros.

Para llevar a cabo la ejecución del sistema se han utilizado una serie de videos, con los cuáles se comprobará que el conteo de pasajeros sea el adecuado.

A continuación se explica el algoritmo del sistema con todas sus partes, para lo cual se empleará la biblioteca libre de visión artificial llamada "OpenCV", esta fue escogida ya que es compatible con varios sistemas operativos, además es eficiente en cuanto a gastos de recursos computacionales se refiere. Tiene aproximadamente 500 funciones como se observa en la figura 15, que algunas de ellas abarcan para ser utilizadas en visión artificial, su instalación se muestra en el Anexo. Posee una completa librería de uso general para el aprendizaje automático. (Bazaga, 2015)

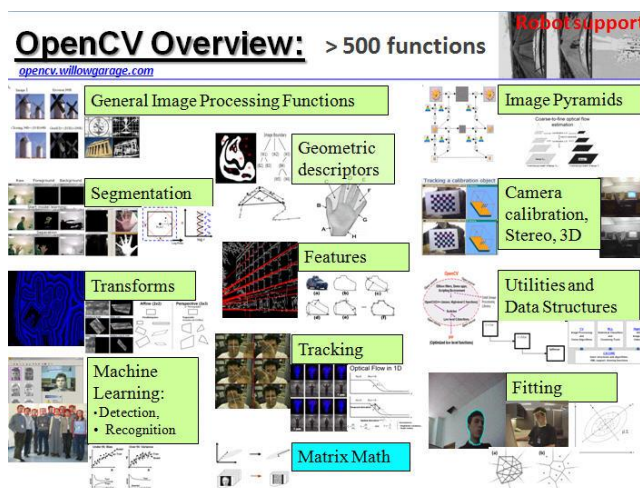


Figura 15 Aplicaciones de OpenCV

2.4.1 Capturar Frame o Imagen

Al ejecutarse un video, se da una secuencia de frames o imágenes. Un frame constituye una imagen que ha sido capturada en un tiempo determinado, la misma que presenta muchas características como fondo, color, brillo y entre otros. Una vez capturada la imagen se tiene que procesarla para identificar aspectos de interés dentro de la misma. La captura de las imágenes va a depender mucho del tipo de video cámara que se esté utilizando ya que, es recomendable que estas sean capturadas con

una alta resolución que, facilitará la detección de objetos o personas dentro de la unidad y con una iluminación adecuada que, permita trabajar con las imágenes de una mejor manera.

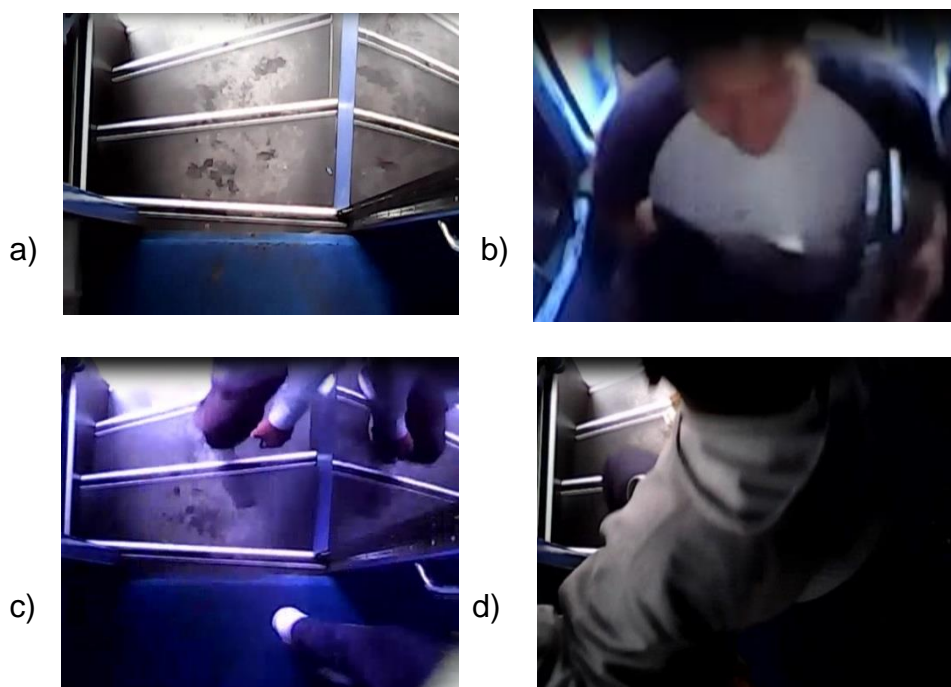


Figura 16 Frames: a) sin personas. b) entrando. c) entrando. d) saliendo.

En la figura 16, se pueden observar los distintos frames que son capturados de una cámara de video instalada en un bus en un tiempo determinado, estas imágenes pueden contener personas o no, además se distinguen unas de otras a través del movimiento de objetos, brillos, ruidos, colores, opacidad, etc.

Para tener una buena captación de las imágenes es necesario contar con una cámara que cumpla con las necesidades del proyecto, y para ello se ha establecido dos opciones: la primera es la cámara Samsung SND-1011 y la segunda es Genius Facecam 1000x.

Algunas de las características técnicas de la cámara Samsung son, de acuerdo a (Samsung, 2011):

- Píxeles efectivos: 640(H) x 480(V)
- Salida de vídeo: Tipo de conector DIP, para instalación

- Campo de visión angular: H: 70°, V: 50°
- Día y noche: Autom. (Software) / Color / ByN / ByN externo
- Detección de movimiento: No / Sí (4 zonas programables)
- Análisis de vídeo inteligente: Detección de cara
- 3 modos - 640 x 480 / 320 x 240 / 160 x 120
- Vel. Máx. de fotogramas: Máx. 30 fps en todas las resoluciones
- Ranura de memoria: Ranura de memoria Micro SD/SDHC
- Tensión / corriente de entrada: 12 VCC, PoE (IEEE802.3af)
- Costo: Medio



Figura 17 Samsung SND-1011

Fuente: (Samsung, 2011)

La segunda opción es la cámara marca GENIUS HD FACECAM 1000X, modelo presentado en la figura 18, cuyas características se muestran a continuación, según (Compustar, 2010):

- Resolución HD 720p Zoom digital 3X
- Sensible micrófono incorporado
- Enganche universal que se adapta a cualquier pantalla LCD o notebook
- Resolución de vídeo CIF / VGA : hasta 30 fps ; 720P HD : hasta 30 fps
- Interfaz USB 2.0
- Tipo de lente de enfoque manual Max.
- Imagen fija Resolución 1MP , 1280 x 720 , 640 x 480 píxeles
- Formato de archivo MJPEG / WMV UVC (Plug & Play) Sí IPM (mecanismo de protección de imagen).
- Costo: bajo.



Figura 18 Cámara Genius

Fuente: (Compustar, 2010)

Para elección correcta, se ha realizado una Matriz QFD para establecer cuál de las dos opciones presentadas es la mejor. Como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Matriz QFD para la elección de la cámara de video

									EVALUACIÓN COMPETITIVA							
CARACT. TÉCNICAS REQUERIMIENTOS	PRIORIDAD (1-5)	Resolución	Instalación manual	Interfaz	Tamaño	Costo	Instalación sistema	Disponibilidad	A. SAMSUNG SND-1011 B. GENIUS FACECAM 1000X							
									1	2	3	4	5	6	7	
HD 720p	5	5	1	1	3	5	3	4	B							
Instalación manual fácil	4	1	5	4	2	1	1	2		AB						
USB no menor a 2.0	4	1	3	5	2	4	2	2			B					
Pequeño	4	1	5	2	5	4	1	3				AB				
Menor a \$60	5	1	2	2	4	5	2	4					B			
Automática	5	1	1	1	1	3	5	4							B	
Inmediata	5	1	2	3	3	4	2	5								B
Importancia %100		31	54	51	57	74	45	68								
Importancia Relativa /10		3	5	5	6	7	5	7								

Según la evaluación por medio de la matriz QFD, se confirma que la mejor opción es la segunda, es decir la cámara GENIUS Facecam 1000x, porque cumple con todas los requerimientos para la digitalización de las imágenes, como el de calidad, ya que es Full HD, lo que es esencial para que el conteo de personas sea exitoso, además su costo es relativamente bajo en comparación con la otra. Además, la cámara Samsung tiene aplicaciones que la hacen excelente como cámara, pero estas no son útiles para el proyecto, haciendo que su costo se eleve un poco más.

Para la PC no es necesario realizar una matriz QFD porque con la que se cuenta es suficiente, teniendo en cuenta las siguientes características mínimas:

- Procesador: Intel(R) Core(TM) i5-5200 U.
- CPU 2.20Ghz

Los programas a utilizar son:

- Borland C++ versión 5.5.
- Microsoft Visual Studio 2010

También, debido a que el cable de la cámara es pequeño, es necesario utilizar una extensión de cable USB para conectar la cámara a la PC. Este cable no tiene marca específica, como se muestra en la figura 19 y fue adquirido en el mercado igualmente a un bajo costo.



Figura 19 Cable de extensión

Fuente: (Compustar, 2010)

Al conectar la cámara a la extensión y posteriormente a la PC se pueden observar las imágenes en tiempo real de las personas que ingresan y salen del bus, como se observa en la figura 20.



Figura 20 Captura de la imagen

Esta cámara está colocada en la parte superior de la entrada media del bus en donde, se detectó que existía la influencia de las sombras de las personas al momento que ingresan o salen de la unidad, además este sitio es afectado por el cambio de iluminación del exterior, pero fue tomado como punto de captación de imagen porque existían otros lugares en los cuales la iluminación era más afectada, como se observa en la figura 21.



Figura 21 Ubicación de la cámara

Para la captura de video en tiempo real se utiliza la siguiente función:

VideoCapture cap (0);

Dónde:

0: Representa al dispositivo Webcam que estará conectado a la PC por defecto 0.

Para la captura de un video grabado se utiliza la siguiente función:

```
VideoCapture cap ("D:/videobus.wmv");
```

Dónde:

D:/videobus.wmv: Es el nombre del video y la ubicación en el sistema operativo en este caso va estar en el disco D:

Una vez que se ha capturado el video a continuación se procede a analizar los Frames o Imágenes de la secuencia del video como se observa en la figura 22, para lo cual se utiliza la siguiente función:

```
Mat actFrame;
```

```
cap >> actFrame;
```

Dónde:

actFrame: Es el nombre del Frame capturado

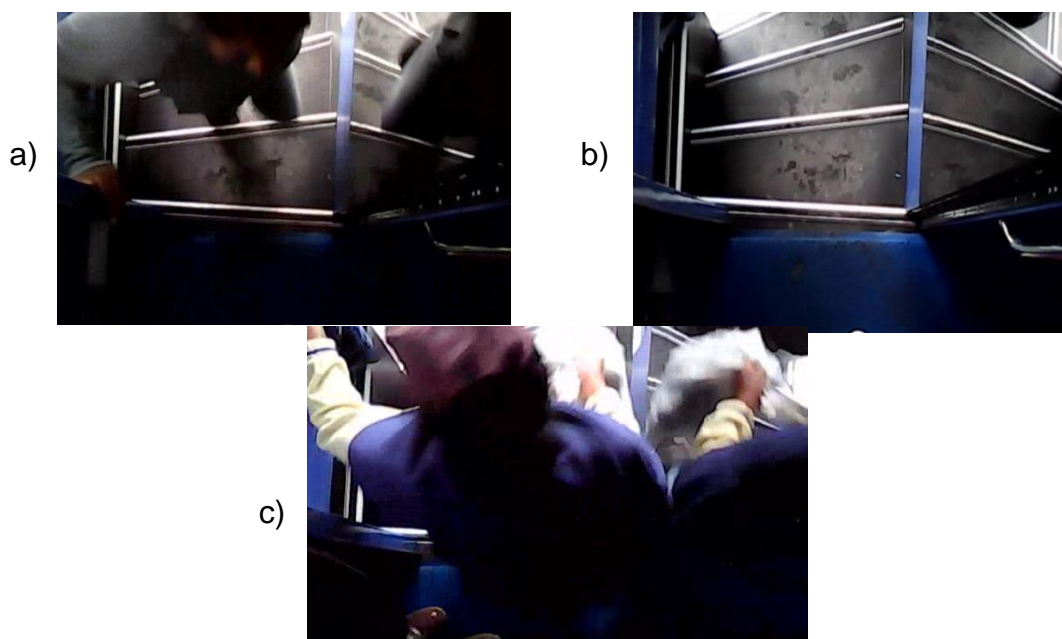


Figura 22 Captura de Frames a) entrando, b) sin personas, c) saliendo

2.4.2 Segmentación y detección

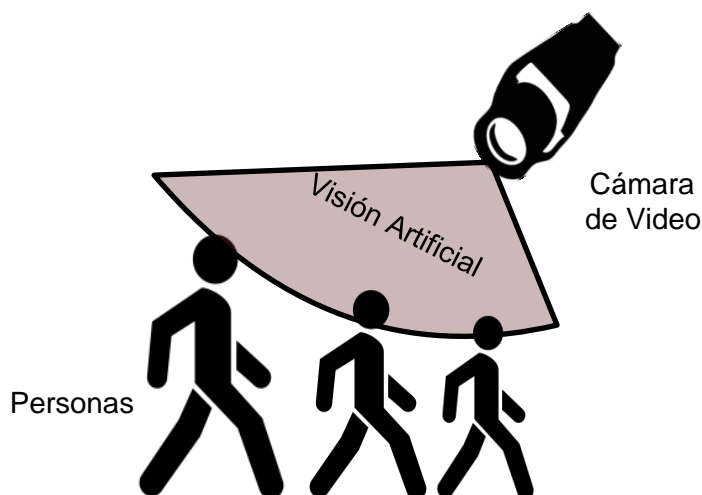


Figura 23 Detección de Personas

Dentro de la visión artificial existen técnicas y métodos que permiten identificar o detectar personas en movimiento en un frame o imagen capturada desde el video, cuando una imagen es detectada por la cámara como se observa en la figura 23, esta ingresa a un proceso para identificar movimiento a través de sus características. A continuación, la imagen, es sometida a ciertas etapas para poder obtener los píxeles del movimiento que está dentro del Frame. A continuación se muestra el algoritmo que permite detectar el movimiento.

Para detectar personas se procede a la utilización del siguiente algoritmo con operaciones morfológicas en donde, cada fase realiza ciertas funciones para detectar el movimiento de la persona en un frame o imagen que ha sido capturada de un video.

Se utilizó el método llamado “Differential Images” el mismo que consiste en analizar dos imágenes, una actual del video y la otra anterior para compararlas y determinar si existió movimiento.

Para poder identificar el movimiento dentro de las imágenes se deben tener en cuenta muchos aspectos que dificultan la identificación de los mismos ya que, en una imagen existe un sinnúmero de factores como la

resolución, imagen borrosa, colores, brillos, luz impidiendo la identificación de un objeto o persona de una manera eficiente.

La idea del proceso de segmentación de una imagen es eliminar aquella información que no es relevante y poder manejar solamente aquella información que es de utilidad en la en la aplicación deseada (Cuevas, 2013).

Este método es de gran utilidad cuando la persona o el objeto de estudio se encuentran moviéndose por todo el Frame, es decir el objeto no debe permanecer de forma estática porque no se obtendría un buen resultado, los procesos a seguir mediante este método son los siguientes:

2.4.2.1 Sustractor de fondo

Con esta técnica se diferencia al conjunto de píxeles que muestran los objetos estáticos, de la secuencia de imágenes que forman parte de los objetos en movimiento.

La sustracción de fondo consiste en segmentar o clasificar en patrones que corresponde a un objeto principal del frame y el resto de la Imagen. Es decir, en un frame la persona en movimiento identificada será el objeto principal de estudio y todo el resto de la imagen es el fondo.

Este proceso es sencillo, ya que se hace una comparación píxel a píxel de cuadros consecutivos, con ello se puede conocer que píxeles permanecen encendidos y cuáles no.

Cabe mencionar que en esta tesis, esta técnica es utilizada para determinar los objetos estáticos y no como método de conteo.

Para realizar este proceso se utiliza el método Background Substraction, sin embargo, hay que considerar que, en la visión por computador, los objetos identificados aparecen sobre un fondo que es constante y va cambiando poco con el tiempo. Por ejemplo, la visión de la cámara permanece constante y puede separar mentalmente a la persona del resto de fondo con los movimientos, luz, efectos y ruidos que existe dentro de la imagen.

Al permanecer el fondo constante se puede estimar a la persona en movimiento restándole a la imagen original el fondo, de esta manera se logra identificar a la persona en movimiento en un determinado sitio dentro del bus.

La sustracción del fondo o Background Substraction, permite obtener una buena segmentación de la imagen si se le resta bajo estudio una estimación aproximada del fondo, para lo cual se necesita analizar las imágenes capturadas ya que, se detectan ruidos, brillos reflejos, luminosidad debido a que el bus está en constante movimiento y dificulta identificar a la persona de una manera eficiente.

También es importante que la persona no permanezca estática si no que esté en movimiento, para poder restar la persona debe aparecer en primer plano del fondo, la manera de restar el fondo será estimar los píxeles que forman el área de interés en la imagen.

Con la estimación de fondo, se obtiene una estadística de cada uno de los píxeles que forman parte de la imagen o frame. Luego se compara el valor absoluto de la resta entre el valor de gris del píxel actual y el valor medio de gris para ese píxel en el modelo de fondo con un umbral determinado. Si el píxel obtenido es mayor que el umbral entonces pertenece al primer plano, caso contrario el píxel pertenece al fondo.

El problema radica en calcular el umbral adaptativo al entorno, es decir la regla que permitirá tomar la decisión para clasificar a un píxel como fondo o como primer plano. Una vez identificado el objeto en primer plano y el fondo simplemente se resta el valor del píxel actual y el valor medio para el píxel en el modelo de fondo con un umbral determinado.

Con la ayuda de las librerías de OpenCV, se realiza esta conversión con la sentencia:

```
subtract (actFrame, antFrame, difFrame);
```

actFrame: Es el Frame actual

antFrame: Es el Frame captura anterior al Frame actual

difFrame: Es el Frame resultado de la resta entre el actFrame y el antFrame, la salida se muestra en la figura 24.

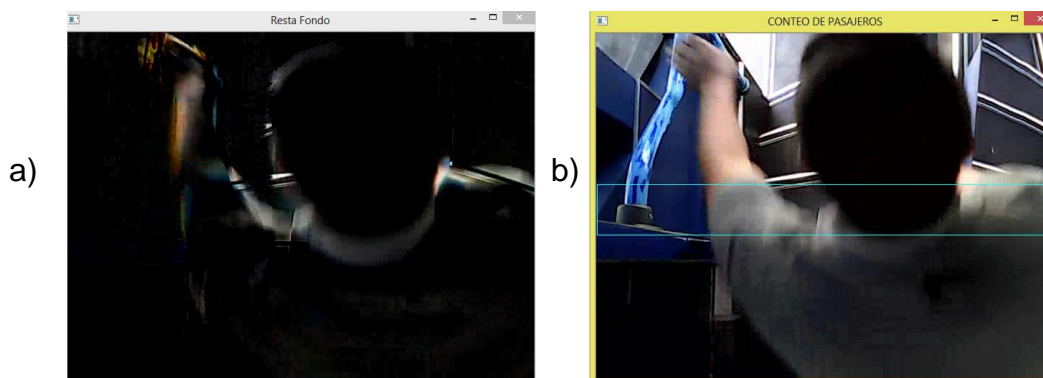


Figura 24 Comparación a) imagen resta, b) original

2.4.2.2 Umbralización

Es un método de segmentación que separa regiones de la imagen a analizar, basado en la variación de intensidad entre los píxeles del objeto y los del fondo de la imagen.

La imagen que resulta de la sustracción de fondo se compone de píxeles que corresponden al valor de cero y los píxeles que corresponde al objeto o al primer plano representan los valores de (1-255), mediante la umbralización de la imagen se asignará el valor lógico de 1 a los píxeles que representan al fondo y el valor lógico de 0 a los píxeles que representan al objeto que está en primer plano (viceversa).

Para poder diferenciar estos píxeles, se realiza una comparación de cada valor de intensidad de estos con respecto al umbral definido por las características necesarias para el conteo y su éxito depende de escoger un valor de umbral correcto, pero esta selección puede basarse en un histograma de la imagen, ya que permite conocer los rangos de los valores de los colores que más se encuentran dentro de la imagen, como se observa en la figura 25.

Para ello se utiliza la sentencia:

```
threshold (difFrame, difFrame, 15, 255, CV_THRESH_BINARY);
```

difFrame: Frame resultado de la umbralización

CV_THRESH_BINARY: Parámetros de la imagen binarizada

15: valor del thresh con respecto al cual se realiza la operación de umbral
255 es el valor utilizado con las operaciones de umbral binario (para establecer los píxeles elegidos)

CV_THRESH_BINARY es la operación utilizada.

En esta técnica se ha utilizado el método Max Binary que indica que, si la intensidad de un píxel es mayor al thresh, se le asigna un MaxVal, de lo contrario se ponen a un valor de 0.

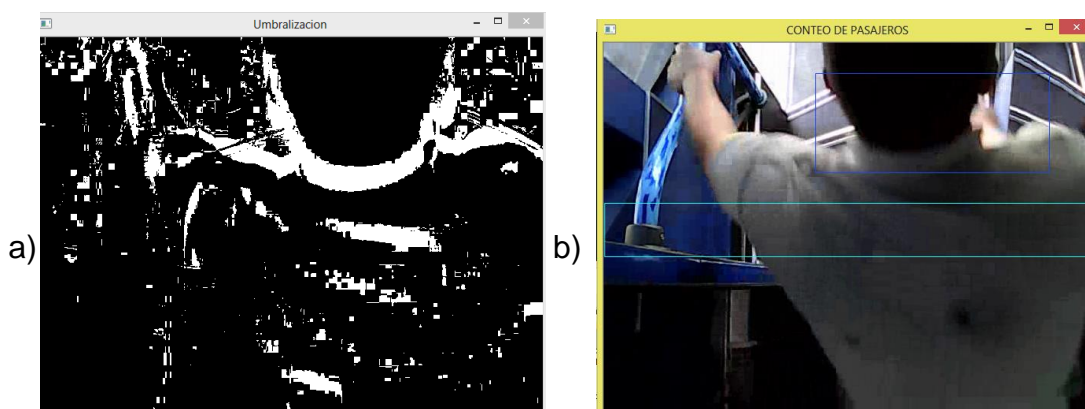


Figura 25 Umbralización a) imagen con umbral, b) original

Al umbralizar la imagen se le asigna el valor de gris de 255 (1 lógico) aquellos píxeles que pertenezcan al primer plano y se le asigna el valor de 0 (0 lógico) aquellos píxeles que pertenezcan al resto de la imagen. De esta manera se tendrá la imagen umbralizada con los colores blanco y negro o dependiendo de las necesidades se asigna otro valor.

A pesar que la imagen que resulta de la operación morfológica cambie sus colores, aún se puede identificar a las personas debido a que con la sustracción de fondo todo lo estático es de color negro. Y para obtener el rango del umbral deseado se procede a obtener el histograma de la imagen, así mismo con la ayuda de las funciones de OpenCV.

2.4.2.3 Ecuación

Ecuación el histograma, normaliza el brillo y aumenta el contraste de la imagen, además compara los valores de saturación en el eje x y los de tono en el eje y.

Con la ayuda de Opencv se obtiene lo que se observa en la Figura 26, gracias al código:

```
equalizeHist(difFrame, difFrame).
```

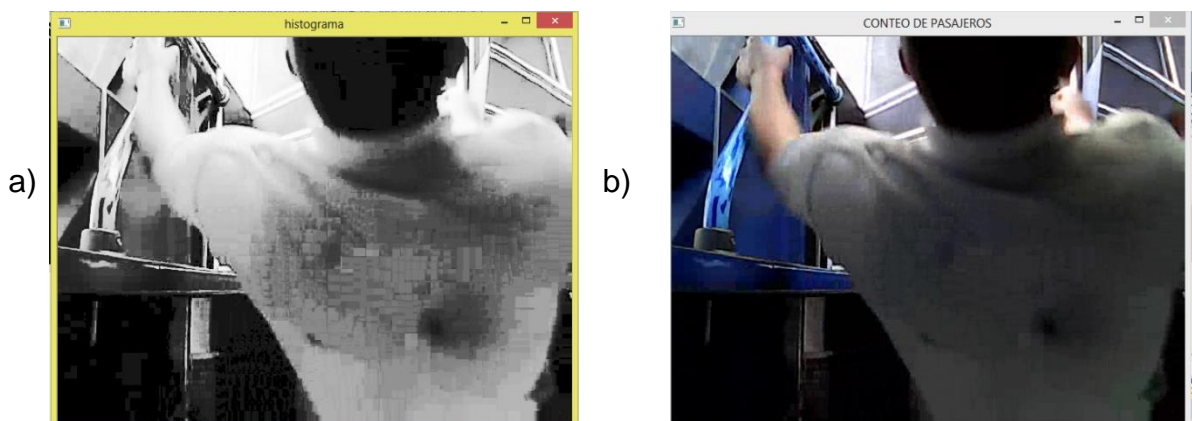


Figura 26 Imágenes a) Histograma de la imagen, b) original

2.4.2.4 Transformaciones Morfológicas

Este tipo de operación se realiza para eliminar un poco más el ruido en la imagen y para realzar más la silueta de la persona, como se observa en la figura 27. Para ello se utiliza el código:

```
morphologyEx(difFrame, difFrame, CV_MOP_OPEN, _kernel, cv::Point2i(-1,-1),3).
```

En el que se usa el método de apertura.

Apertura

Es otro nombre utilizado para nombrar a erosión seguida de dilatación, se utiliza para eliminar el ruido.

Erosión

Un píxel de la imagen original (1 o 0) sólo se considerará 1 si todos los píxeles del kernel son 1, de lo contrario se erosiona (se hace a cero).

Todos los píxeles cerca del límite serán descartados dependiendo del tamaño del núcleo. Por lo tanto, el grosor o el tamaño del objeto en primer plano disminuye o simplemente la región blanca disminuye en la imagen.

Dilatación

Un elemento de píxel es 1 si al menos un píxel debajo del núcleo es '1'. Por lo tanto, aumenta la región blanca en la imagen o el tamaño de los objetos de primer plano según lo indica la página (Programación, 2015).

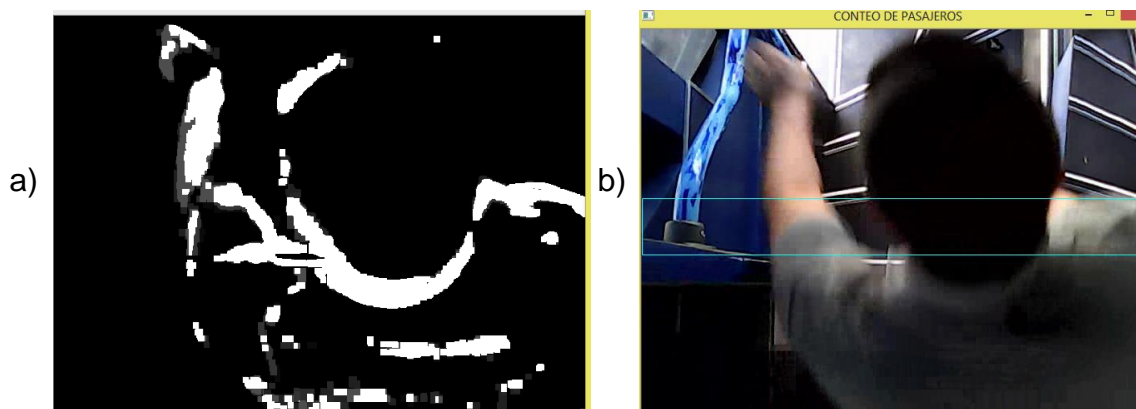


Figura 27 Imágenes a) apertura, b) original

Como se puede observar en la figura 27 se disminuyó en gran cantidad el ruido y la imagen de la persona en movimiento se observa de mejor manera.

2.4.3 Agrupamiento o Clustering

Esta fase del algoritmo de detección de personas permite identificar los píxeles que han sido resultado de la sustracción de fondo y de la umbralización, ya que para el conteo de personas es necesario agrupar todos los píxeles en regiones que constituyen un objeto persona, este proceso se llama Clustering o Agrupamiento.

Para este caso se deben agrupar todos los píxeles que pertenezcan a una misma persona, y una vez agrupado los píxeles se puede obtener medidas sobre el área del conjunto o clúster.

Para realizar la clasificación o agrupamiento se toman en cuenta diversas características de cada píxel, como, por ejemplo:

El color de cada píxel

La intensidad de cada píxel

2.4.4 Detección de Coordenadas

Finalmente se determinan las coordenadas del movimiento producido y de los píxeles agrupados, mediante el trazo de rectángulos, luego se calcula el área de todos los producidos y se elige el de mayor área.

Para dibujar el movimiento de una persona en el bus se ha creado una función **dibujar_objeto_persona**, la cual permite obtener las coordenadas (X, Y) de la persona, visualizadas mediante un **rectángulo** dentro del Frame.

```
void dibujar_objeto_persona (Mat & Frame, Mat difFrame, int &
x1, int & x2, int & y1, int & y2, long & area)
{
    vector<vector<Point>> contours;
    vector<Vec4i> hierarchy;
    double largest_area = 0;
    int largest_contour_index = 0;
    Rect bounding_rect;
    findContours (difFrame, contours, hierarchy,
CV_RETR_CCOMP, CV_CHAIN_APPROX_SIMPLE);
    for (size_t i = 0; i < contours.size(); i++)
    {
        double a = contourArea(contours[i], false);
        if (a > largest_area)
        {
            largest_area = a;
            largest_contour_index = i;
            bounding_rect = boundingRect(contours[i]);
        }
    }
    int puntox=bounding_rect.x;
    int puntoy=bounding_rect.y;
```

```

int b=bounding_rect.width;
int a=bounding_rect.height;

////////// coordenadas de la persona identificada dentro del Frame
x1=puntox;
x2=puntox+b;
y1=puntoy;
y2=puntoy+a;
area=bounding_rect.area();
rectangle (Frame, bounding_rect, Scalar (200, 200, 200), 1, 8, 0);
}

```

Una vez dibujado el rectángulo, se puede determinar su movimiento al ubicar las coordenadas de los píxeles en análisis entre frames, (las posiciones de los píxeles en función del plano (X, Y)), como se observa en la figura 28, dentro de la zona de interés, trabajo que lo realiza la red neuronal.

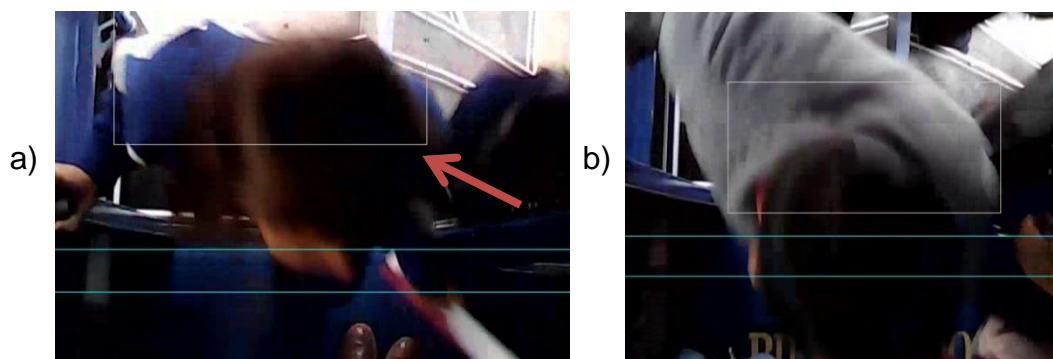


Figura 28 Detección a) persona a, b) persona b.

2.4.5 Seguimiento, clasificación y conteo

Esta es la última etapa de sistema de visión artificial. Aquí se nombran los pasos que se utilizan para el conteo y para determinar la dirección del movimiento de la persona, ya sea para ingresar o para salir del bus.

Para este sistema se han establecido una zona de interés o conteo, la cual sirve como referencia para contar a un objeto (persona) que ingresa o

sale del bus, dependiendo de su movimiento y de su dirección se obtiene lo siguiente:

- Si el objeto se mueve y pasa por la zona de interés en la dirección hacia dentro del bus, coordenadas y en positivo, entonces el objeto (persona) ingresa al bus.
- Si el objeto se mueve y pasa por la zona de interés en la dirección hacia fuera del bus, coordenadas y en negativo, entonces el objeto (persona) sale del bus.

Por lo expuesto anteriormente, se considera recomendable para este en particular el uso de redes neuronales artificiales, que comienza con el entrenamiento del movimiento de los píxeles, donde se extraen la información relevante que diferencia una entrada o de una salida de una persona.

Para ello se tuvo la necesidad de utilizar una red neuronal artificial externa que realiza el seguimiento de píxeles de acuerdo a las diferentes variaciones de la figura tomada como ejemplo y dentro de una sección de Región de Interés de las mismas medidas de la ROI del sistema de conteo, como se observa en la figura 29.

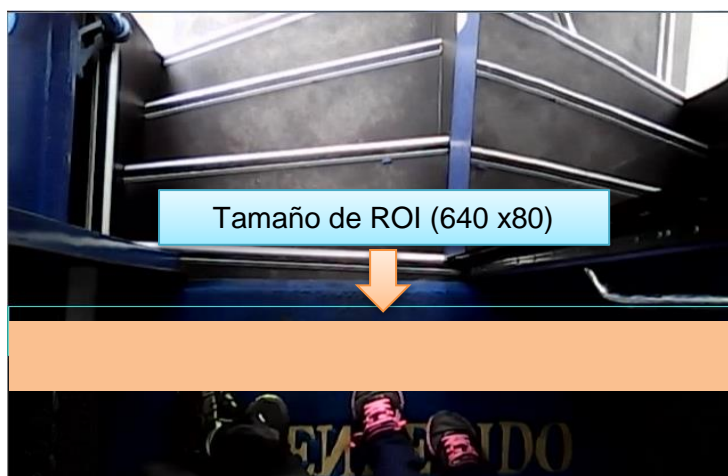


Figura 29 Zona de Interés o Zona de Conteo

Se debe mencionar que el tamaño total de la imagen capturada es de: 640 x 480 píxeles.

Primera Red Neuronal Artificial

Esta red externa tiene las siguientes características: 51200 neuronas de entrada ya que, la ROI tiene un tamaño de 640 x 80, 1024 neuronas escondidas, haciendo una compresión de 51200 a 1024, es decir 50:1, aquí es en donde se almacena toda la información relevante para que esta red pueda realizar el seguimiento y 720 neuronas de salida debido a que la red debe poder realizar un seguimiento tanto en desplazamientos horizontales de 640 píxeles y verticales de 80 píxeles, como se observa en la figura 30.



Figura 30 ROI de la primera red neuronal

Además esta red fue entrenada para su movimiento de arriba hacia abajo y aumentando y disminuyendo su escala sobre toda la región asegurándose que se detecte en cualquier parte de la misma, como se observa en las figuras 31 y 32.

Dentro de la capa escondida se encuentran las características que han sido tomadas de la capa de entrada durante su entrenamiento.



Figura 31 Entrenamiento disminuyendo escala



Figura 32 Entrenamiento aumentando escala

Esta red tuvo un tiempo de entrenamiento total de 100 horas determinado como se muestra en la tabla 5:

Tabla 5

Capacidad de pasajeros en el transporte intraprovincial

N°	Posición de entrenamiento	Tiempo en horas
1	Círculos estáticos	48
2	Círculos en movimiento	4
3	Aumento y disminución de zoom.	48

Debido a que el tiempo de entrenamiento es muy largo, en este proceso no se desconectó ni un momento el equipo utilizado, es decir la PC se mantuvo prendida durante 4 días y medio, anotando que no se tuvo problemas de procesamiento. La PC es de las siguientes características:

Procesador: Intel(R) Core(TM) i7-4702MQ CPU 2.20Ghz

Programa: Borland C++ versión 5.5.

Segunda Red Neuronal Artificial

La red neuronal artificial que se encuentra en el sistema de conteo es la encargada de clasificar el movimiento del punto que se toma como referencia, tiene las siguientes características: 3 capas; 720 neuronas en la capa de entrada, 20 en la capa escondida y 2 en la capa de salida.

Las 720 neuronas de salida de la red externa son las entradas de la red del sistema que, cuando recorran un píxel a la vez sobre la ROI se activarán creando un barrido y determinando su movimiento, si este se da por el eje Y positivo la persona entra al bus y si es al contrario sale del bus. Como en el entrenamiento de las neuronas, debido a que estas aprendieron a seguir una posición desde 40 píxeles antes y después del centro. La capa escondida tiene 48 neuronas, se hace una compresión de 15:1, aquí se almacena toda la información necesaria para realizar la clasificación. La capa de salida contiene 2 neuronas, una de las neuronas se activará (entra o sale) cuando por la ROI pase el conjunto de píxeles en movimiento en la dirección

determinada, es decir cuando pase por cada uno de los espacios que fue entrenado por la red externa, como se observa en la figura 33.

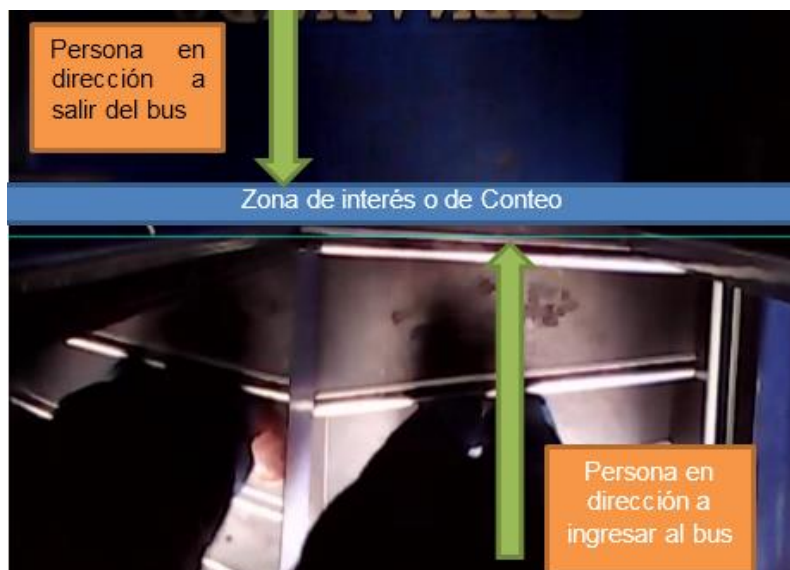


Figura 33 Zona de interés del sistema

Esta red tuvo un tiempo de entrenamiento total de 10 horas.

Sin embargo hay que tomar en cuenta que el algoritmo de la detección del movimiento de una persona funciona de forma eficiente en el momento que una persona camina frente a la cámara sin ningún obstáculo que se atreviese, entonces se puede identificar a la persona y realizar su seguimiento como se muestra en la figura 34.

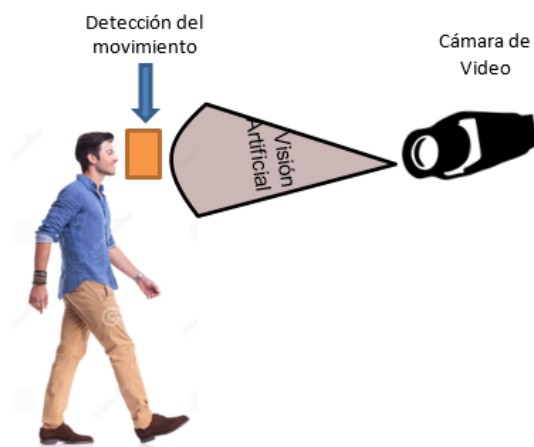


Figura 34 Detección de movimiento sin obstáculos

2.4.6 Desventaja de la detección de movimiento

Al momento que ingresan o salen pasajeros no se puede detectar el movimiento de la persona si existen interferencias, tales como:

- Personas que van con otros objetos.
- La velocidad de ingreso o salida de la persona
- La persona está vistiendo ropa oscura.
- Movimiento aleatorio de la persona
- Falta de iluminación.

Todos estos aspectos influyen en la detección del movimiento de la persona. Ejemplo, si dentro de un frame en un tiempo determinado se identificó el movimiento y en el siguiente frame ya no se identificó, esto puede ser debido a que la persona se pasó muy rápido o por lo contrario se detuvo mucho tiempo debajo de la zona de interés, lo cual impidió que la detección sea correcta como se muestra en la figura 35.



Figura 35 Persona parada en la zona de interés

2.4.7 Cantidad Resultado de Personas

El conteo de pasajeros en el bus dependerá de la capacidad máxima permitida (Ejemplo 45), se incrementará un pasajero cuando la persona

ingrese al bus y se disminuirá una persona cuando la persona proceda a salir del mismo.

Si la cantidad de pasajeros obtenida es mayor que la capacidad máxima permitida entonces habrá exceso y se tendrá un mensaje de alerta “Exceso de pasajeros”, como se observa en la figura 36.

```
SISTEMA DE CONTEO DE PASAJEROS EN LA COOPERATIVA DE TRANSPORTES SAN JUAN
CAPACIDAD MAXIMA DE PASAJEROS: 45
ENTRAN AL BUS: 58
SALEN DEL BUS: 0
TOTAL EN EL BUS: 58
EXCESO DE PASAJEROS: SI
CANTIDAD EN EXCESO: 13
TOTAL DE PERSONAS CONTADAS: 58
```

Figura 36 Exceso de pasajeros en el sistema.

2.4.8 Exceso de Pasajeros

Una vez realizado el algoritmo de ingreso de personas, así como como también de salida de las personas del bus a través de las variables *personas_ingresa* y *personas_sale* se procede a calcular si existe exceso de pasajeros en el medio de transporte.

Cantidad total en el Bus

La cantidad total en el bus será el resultado de las personas que han ingresado menos las personas que han salido del medio de transporte:

total_bus=personas_ingresa-personas_sale;

Variable *personas_ingresa*

La cantidad de personas que han ingresado.

Variable *personas_sale*

La cantidad de personas que han salido.

Variable *total_bus*

Cantidad de pasajeros existentes

Verificar si existe exceso de Pasajeros

Para el siguiente algoritmo se ha establecido una capacidad máxima de 5 pasajeros y se ha realizado el siguiente algoritmo:

```

if (total_bus > cantidad_maxima_pasajeros)
{
    exceso_pasajeros="SI";
    cant_exceso=total_bus- cantidad_maxima_pasajeros;
}

```

Variable cantidad_maxima_pasajeros

Permite definir la cantidad máxima de pasajeros del bus, de acuerdo a las leyes de la comisión de tránsito el Ecuador.

Variable exceso_pasajeros

Permite definir si existe o no existe exceso en el bus.

Variable cant_exeso:

Será la cantidad en exceso de pasajeros si fuera el caso.

Mostrar resultados

Para presentar los resultados finales se utilizará el siguiente algoritmo:

```

cout<<"SISTEMA DE CONTEO DE PASAJEROS EN LA COOPERATIVA DE
TRANSPORTES SAN JUAN"<<endl<<endl;

```

```

cout<<"CAPACIDAD MAXIMA DE PASAJEROS: "<<cantidad_maxima<<endl;

```

```

cout<<"INGRESAN AL BUS:          "<<personas_ingresa<<endl;

```

```

cout<<"SALEN DEL BUS:              "<<personas_sale<<endl;

```

```

cout<<"TOTAL EN EL BUS:           "<<total_bus<<endl;

```

```

cout<<"EXCESO DE PASAJEROS:       "<<exceso_pasajeros<<endl;

```

```

cout<<"CANTIDAD EN EXCESO:        "<<cant_exeso<<endl;

```

```
cout<<"TOTAL DE PERSONAS CONTADAS: " << personas_ingresa + personas_sale;
```

```
SISTEMA DE CONTEO DE PASAJEROS EN LA COOPERATIVA DE TRANSPORTES SAN JUAN
INGRESE LA CANTIDAD MAXIMA DE PASAJEROS (5 - 45): 45_
```

Figura 37 Ingreso de cantidad de pasajeros

```
SISTEMA DE CONTEO DE PASAJEROS EN LA COOPERATIVA DE TRANSPORTES SAN JUAN
CAPACIDAD MAXIMA DE PASAJEROS: 45
ENTRAN AL BUS: 0
SALEN DEL BUS: 0
TOTAL EN EL BUS: 0
EXCESO DE PASAJEROS: NO
CANTIDAD EN EXCESO: 0
TOTAL DE PERSONAS CONTADAS: 0
```

Figura 38 Muestra de resultados al inicio

```
SISTEMA DE CONTEO DE PASAJEROS EN LA COOPERATIVA DE TRANSPORTES SAN JUAN
CAPACIDAD MAXIMA DE PASAJEROS: 45
ENTRAN AL BUS: 58
SALEN DEL BUS: 0
TOTAL EN EL BUS: 58
EXCESO DE PASAJEROS: SI
CANTIDAD EN EXCESO: 13
TOTAL DE PERSONAS CONTADAS: 58
```

Figura 39 Muestra exceso de pasajeros

Como se puede en las figuras 37, 38 y 39, el sistema permite contar el ingreso y la salida de los pasajeros, además permite mostrar si existe exceso de pasajeros de acuerdo a la capacidad máxima del bus ingresada por el usuario.

CAPÍTULO III

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

3. Generalidades

En el capítulo anterior se realizó la implementación del sistema de conteo de las personas, tanto para el ingreso como para la salida del medio de transporte. Para lo cual en el algoritmo lo primero que se tomó en cuenta es la detección de las personas en el Frame de Video, mismo que se realizó a través del movimiento.

Una vez que la persona ha sido identificada, a continuación, se procedió a realizar los algoritmos necesarios para el conteo al momento que la persona ingresa o sale de un bus, para esto se estableció una zona de interés o de conteo mediante las coordenadas X, Y del frame que permitió detectar y dar seguimiento a la persona. Finalmente se realizó las funciones necesarias para establecer si existe exceso de pasajeros en el medio de transporte.

En este capítulo se realizarán las pruebas del algoritmo desarrollado, se determinarán los aspectos que dificulta el conteo de las personas, las ventajas y desventajas para identificar a las personas mediante el empleo de las técnicas de inteligencia artificial para poder determinar su movimiento, y mediante el conteo poder obtener si existe o no exceso de pasajeros en el medio de transporte.

3.1 Prueba de la Detección de personas

3.1.1 Prueba de detección mediante en movimiento del Objeto

Para detectar a la persona se toma en cuenta un frame anterior y un frame actual, a las cuales se les aplica las técnicas la sustracción de fondo, la umbralización, etc. Y a la imagen resultado se le aplica técnica de red neuronal o aprendizaje desde la cual se puede determinar su clasificación y conteo.

Para la prueba de la segmentación debe observarse que, en las imágenes se note el movimiento de la personas sin la existencia de excesivo ruido y con la cantidad de contraste adecuada, como se muestra en las figura 40.

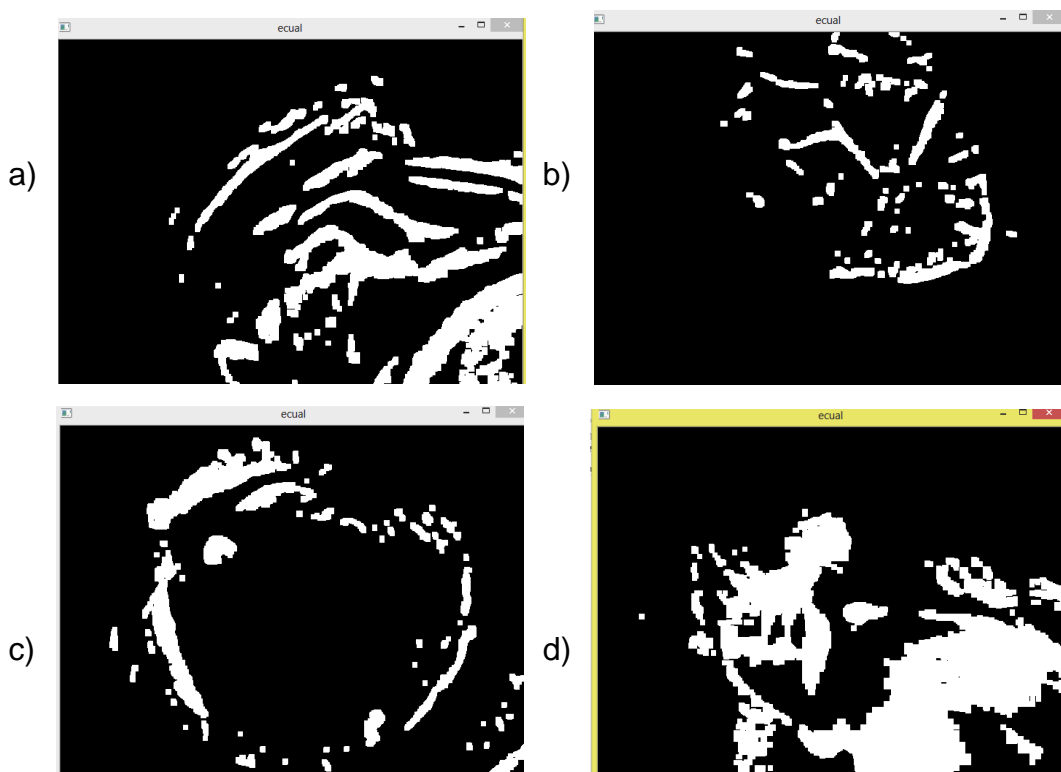


Figura 40 Segmentación pruebas: a) 1, b) 2, c) 3, d) 4.

De acuerdo a las imágenes se nota que si se obtiene el resultado esperado debido a que estas se ven limpias y no existe la presencia de ruido.

Para la prueba de detección se observa el rectángulo que aparece en cada persona al momento que ingresa o sale del bus, como se observa en la figura 41.

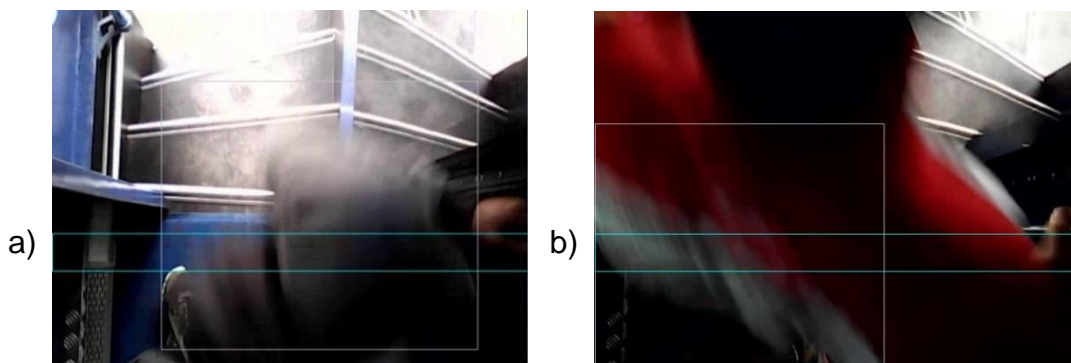


Figura 41 Detección a) 1, b) 2.

Para realizar la prueba de la identificación de personas mediante su movimiento se tomó en cuenta la ejecución de un video de 20 minutos obteniendo los resultados en la Tabla 6:

DATOS PARA LA PRUEBA DE IDENTIFICACIÓN 1

Sustracción de Fondo: Si

Valor del Umbral: 20

Duración Video: 20 min

Tabla 6

Resultados de la identificación de la prueba 1.

N.	DURACIÓN VIDEO	PERSONAS REALES EN EL VIDEO	PERSONAS IDENTIFICADAS ALGORITMO	PORCENTAJE DE EFECTIVIDAD	PORCENTAJE DE ERROR
01	1 min	6	5	83 %	17 %
02	2 min	10	8	80 %	20 %
03	4 min	12	10	83 %	17 %
04	7 min	20	17	85 %	15 %
05	8 min	25	22	88 %	12 %
06	9 min	30	25	83 %	17 %
07	12 min	35	30	85 %	15 %
08	14 min	40	35	88 %	12 %
09	20 min	45	40	89 %	11 %
PORCENTAJE				85 %	15 %

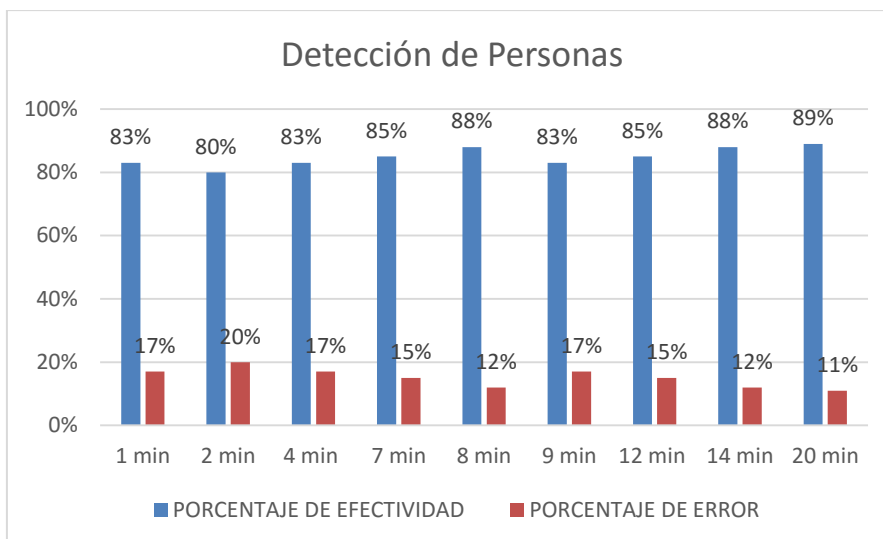


Figura 42 Efectividad de la detección de personas con umbral de 20

La Figura 42 muestra la identificación de las personas mediante su movimiento durante la ejecución del video, de la cual se obtiene un porcentaje promedio de efectividad del algoritmo del 85 % y existe un 15 % de error debido algunas los siguientes aspectos:

- La persona permanece estática y no se mueve dentro del bus
- No existe un movimiento significativo de la persona en el bus
- Los colores del fondo y de la persona son similares
- Existe ruido y brillos en la imagen contrastan el objeto de interés
- Las personas se encuentran muy cerca de la cámara

Para resolver estos inconvenientes fue necesario modificar los parámetros del umbral y colores en los pixeles del frame del video para obtener un mejor resultado, como se muestra en la tabla 7.

DATOS PARA LA PRUEBA DE IDENTIFICACIÓN 2

Sustracción de Fondo: Si

Valor del Umbral: 8

Duración Video: 20 min

Tabla 7

Resultados de la Identificación de la Prueba 2

N.	DURACIÓN VIDEO	PERSONAS REALES EN EL VIDEO	PERSONAS IDENTIFICADAS ALGORITMO	% DE EFECTIVIDAD	% DE ERROR
01	1 min	6	6	100 %	0 %
02	2 min	10	10	100 %	0 %
03	4 min	12	12	100 %	0 %
04	7 min	20	19	95 %	5 %
05	8 min	25	23	92 %	8 %
06	9 min	30	27	90 %	10 %
07	12 min	35	33	90 %	10 %
08	14 min	40	37	92 %	8 %
09	20 min	45	43	96 %	4 %
PORCENTAJE				94 %	6 %

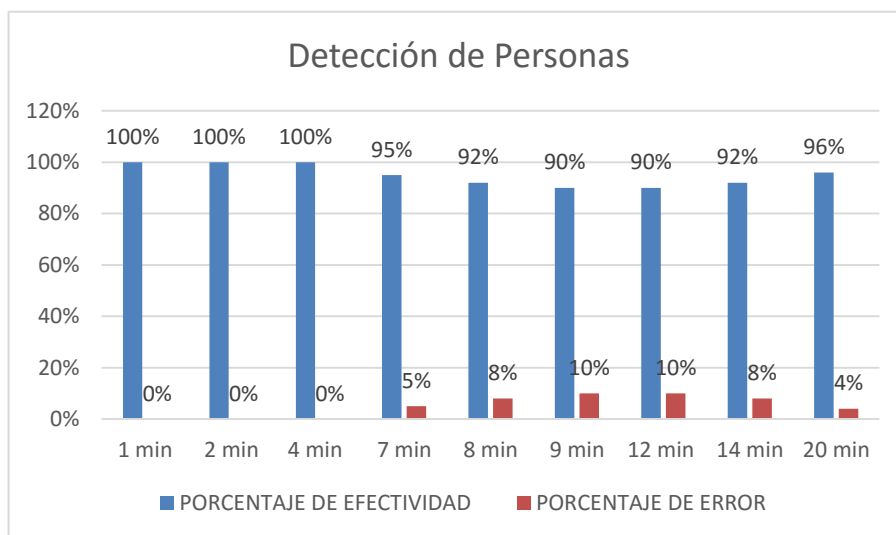


Figura 43 Efectividad de la detección de personas con umbral de 8

La figura 43 muestra la identificación de las personas mediante su movimiento con un umbral de 8, lo cual permitió reducir los inconvenientes anteriores, y se obtiene una efectividad del 94 % y un margen de error del 6% al momento de reconocer a las personas en el video, lo cual se considera que es aceptable para continuar con el con el conteo de las personas en el medio de transporte.

3.1.2 Resultados de la detección

Una vez realizado las pruebas de la detección de las personas se puede determinar que la técnica más apropiada para la detección dentro de un frame de video es mediante su movimiento, es decir mediante un frame anterior, frame actual y el frame resultado se le modifica los valores del umbral y se les añade parámetros aprendizaje para identificar a las personas de mejor manera.

3.2 Prueba de conteo de personas

Una vez realizado la detección de las personas es importante realizar el conteo de acuerdo a la una zona de interés establecida dentro del Frame y las coordenadas tomadas para el ingreso y la salida de las personas, como se observa en la figura 44.

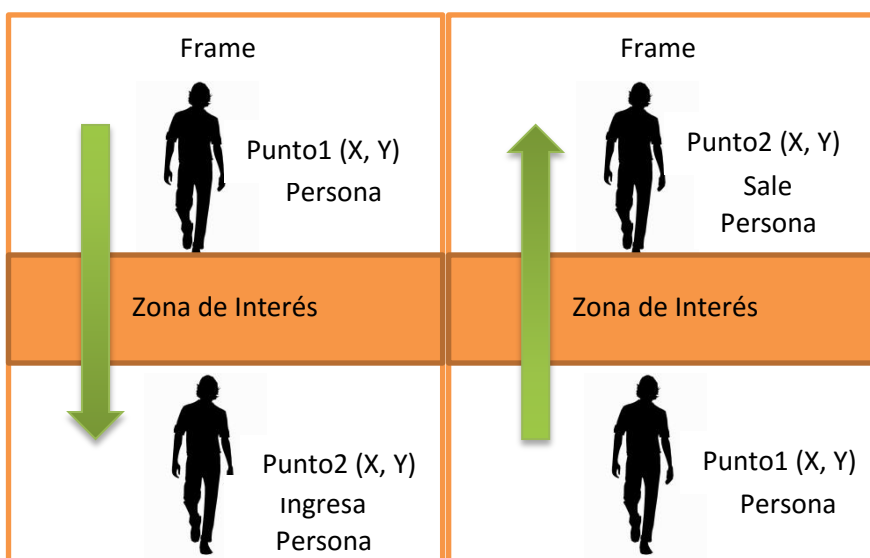


Figura 44 Prueba de conteo de personas

3.2.1 Ingreso al bus

Para realizar la prueba de conteo de las personas cuando ingresan al bus se tomó en cuenta la ejecución del video de 40 minutos, se definió las coordenadas de la zona de interés o conteo, de los cuales se obtuvo los resultados que se muestran en la Tabla 8.

DATOS PARA LA PRUEBA DE INGRESO AL BUS

Duración Video: 40 min

Tabla 8

Resultados del conteo de personas que ingresan al bus

N.	DURACIÓN VIDEO	PERSONAS REALES QUE INGRESAN	PERSONAS CONTADAS ALGORITMO	% DE EFECTIVIDAD	% DE ERROR
1	4 min	3	3	100 %	0 %
2	5 min	6	6	100 %	0 %
3	6 min	7	7	100 %	0 %
4	7 min	15	15	100 %	0 %
5	8 min	22	22	100 %	0 %
6	9 min	24	23	96 %	4 %
7	12 min	25	24	96 %	4 %
8	20 min	35	33	94 %	6 %
9	40 min	64	62	97 %	3 %
PORCENTAJE				94 %	6 %

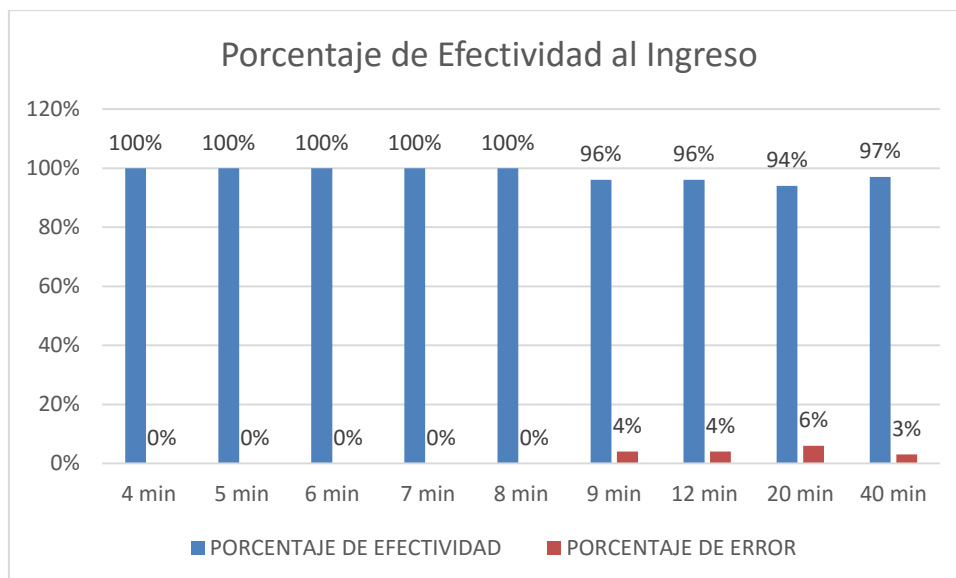


Figura 45 Efectividad en el conteo de personas que ingresan al bus

Como se puede observar en la figura 45, los resultados de la prueba realizada muestran un porcentaje de efectividad del 94 % y un margen de error del 6 % al momento de contar a las personas que ingresan al bus, lo que se considera que es un resultado aceptable del sistema de conteo.

El margen de error se da debido a que el movimiento de las personas hacia el bus no es constante lo que dificulta el conteo, sin embargo se ha realizado todas modificaciones necesarias para que el sistema pueda funcionar de una manera eficiente.

3.2.2 Salida del bus

Para realizar la prueba de conteo de las personas cuando salen al bus se tomó en cuenta la ejecución del video de 40 minutos, se definió las coordenadas de la zona de interés o conteo, de los cuales se obtuvo los resultados que se muestran en la Tabla 9.

DATOS PARA LA PRUEBA DE SALIDA DEL BUS

Duración Video: 40 min

Tabla 9

Resultados del conteo de personas que salen del bus

N.	DURACIÓN VIDEO	PERSONAS REALES QUE SALEN	PERSONAS CONTADAS ALGORITMO	% DE EFECTIVIDAD	% DE ERROR
1	4 min	1	1	100 %	0 %
2	5 min	1	1	100 %	0 %
3	6 min	2	2	100 %	0 %
4	7 min	7	7	100 %	0 %
5	8 min	10	10	100 %	0 %
6	10 min	12	11	91 %	9 %
7	15 min	14	13	93 %	7 %
8	20 min	30	27	90 %	10 %
9	40 min	64	56	90 %	10 %
PORCENTAJE				90 %	10 %

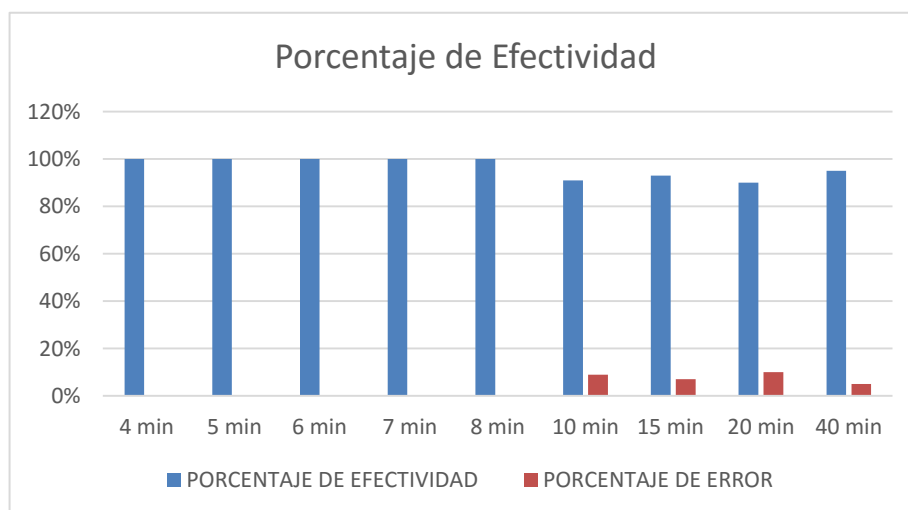


Figura 46 Efectividad en el conteo de personas que salen del bus

Como se puede observar en la figura 46 los resultados de la prueba realizada muestran un porcentaje de efectividad del 90 % y un margen de error del 10% al momento de contar a las personas que salen del bus, lo que se considera que es un resultado aceptable del sistema de conteo.

3.3 Resultado Final

Como se pudo analizar los resultados anteriores sobre la detección de personas, el conteo al momento de ingresar al autobús y el conteo al momento de salir del autobús se puede determinar que existe un margen de error considerable en el conteo de personas al momento de salir del bus.

Tabla 10
Resultado Final del sistema de conteo

N.	DURACIÓN VIDEO	%EFECTIVIDAD	% ERROR
01	Detección de personas	94 %	6 %
02	Conteo de personas que ingresan al bus	94 %	6 %
03	Conteo de personas que salen del bus	90 %	10 %
PORCENTAJE TOTAL		92 %	8%

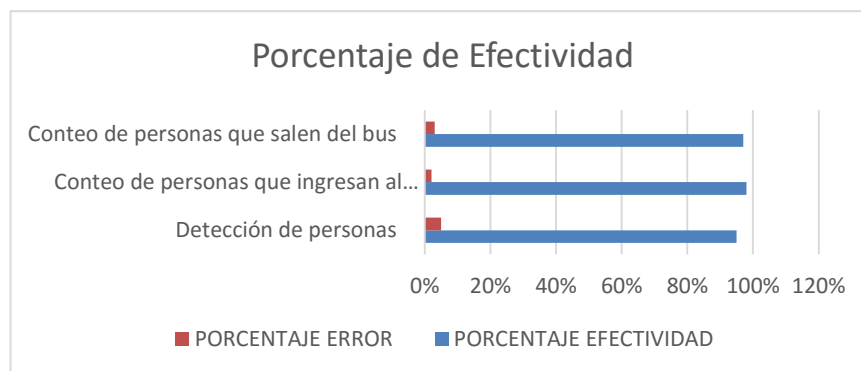


Figura 47 Porcentaje de Efectividad del conteo de personas

Como se puede observar en la tabla 10 y en la figura 47, el porcentaje de efectividad del sistema de conteo es del 92% con un margen de error del 8%, por lo que se considera que este sistema es aceptable y poner en ejecución en la Cooperativa de Transportes San Juan de la provincia de Tungurahua.

3.4 Alcances y Limitaciones

3.4.1 Alcances

- El sistema puede analizar imágenes capturadas en tiempo real y en video.
- El sistema puede trabajar durante las 24 horas del día sin limitaciones de tiempo.
- El sistema puede determinar si existe o no exceso de pasajeros.

3.4.2 Limitaciones

- El sistema trabaja óptimamente en condiciones de luminosidad adecuadas.
- La cámara debe estar en una misma posición todo el tiempo.
- Las personas que ingresan deben hacerlo a una velocidad adecuada.

3.5 Validación de la Hipótesis

La hipótesis planteada para el desarrollo de este proyecto es:

¿El sistema de conteo de pasajeros en un bus interprovincial permitirá el cumplimiento adecuado de las leyes de tránsito en lo referente a la capacidad de pasajeros, lo que contribuirá a aumentar la seguridad y comodidad de los ocupantes?

La hipótesis ha sido validada con el Método del Chi cuadrado, como se muestra en la tabla 11:

H0: La capacidad máxima permitida para transporte interprovincial.

H1: Lo que el sistema cuenta en realidad.

Tabla 11

Método del chi cuadrado para validar la hipótesis.

	Datos	Cuenta	No cuenta	Total
Grupos	Capacidad máxima	45	0	45
	Sistema	41	4	45
Total		86	4	90

Personas contadas por el sistema:

$$\frac{86 \times 45}{90} = 43$$

Ecuación 1. Cálculo de personas contadas.

Personas no contadas por el sistema:

$$\frac{4 \times 45}{90} = 2$$

Ecuación 2. Cálculo de personas no contadas.

Personas que debería contar para llegar a la capacidad máxima:

$$\frac{86 \times 45}{90} = 43$$

Ecuación 3. Cálculo capacidad máxima.

Personas que no debería contar para llegar a la capacidad máxima:

$$\frac{4 \times 45}{90} = 2$$

Ecuación 4. Cálculo de no capacidad máxima.

Suma de frecuencias observables: 90

Suma de frecuencias esperadas: 90

Grados de libertad:

Grados de libertad= (n. de filas-1) por (n. de columnas-1)

Grados de libertad= 1

Cálculo del valor del chi cuadrado:

$$x^2 = \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe} = \frac{(41 - 43)^2}{43} + \frac{(45 - 43)^2}{43} + \frac{(4 - 2)^2}{2} + \frac{(0 - 2)^2}{2}$$

Ecuación 5. Cálculo del chi cuadrado.

$$x^2 = 0,09 + 0,09 + 2 + 2 = 4,18$$

Ecuación 6. Resultado del chi cuadrado.

DISTRIBUCION DE χ^2

Grados de libertad	Probabilidad											
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001	
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83	
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82	
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27	
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47	
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	15,09	20,52	
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	16,81	22,46	
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32	
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12	
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88	
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59	
	No significativo								Significativo			

Figura 48 Valores del chi cuadrado.

Fuente (Manzano, 2012)

Valor calculado: 4.18

Valor de la tabla: 3.84

Del 95% del nivel de confianza, con un margen de error 0.05 y un grado de libertad se obtienen los valores de $X^2_t = 3.84$ y $X^2_c = 4.15$ acorde

a lo predeterminado en la decisión, por lo se rechaza la hipótesis nula H_0 y se aprueba la hipótesis alternativa H_1 .

Por lo tanto, el sistema de conteo de pasajeros si contabiliza de manera satisfactoria en un bus interprovincial, lo que ayudaría al cumplimiento adecuado de las leyes de tránsito en lo referente a la capacidad de pasajeros debido a que, al momento del exceso de personas permite que sigan abordando más, pero alerta al conductor de que no deben hacerlo, además contribuye a aumentar la seguridad y comodidad de los ocupantes debido a:

- Se ha demostrado que la mayoría de robos a buses se dan cuando los vehículos circulan con exceso de pasajeros, como el sistema está diseñado para no permitir eso, se disminuye la tasa de delincuencia dentro de los buses.
- El sistema brinda comodidad a los ocupantes, debido a que, existe mayor espacio en pasillo del bus, facilitando también la entrada y salida de los pasajeros.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. Conclusiones

- Se realizó el estudio y el análisis sobre una unidad de transporte interprovincial y dentro del marco legal acerca de las infracciones de tránsito se pudo determinar que la capacidad máxima de pasajeros en un bus interprovincial es de 45 y si se sobrepasa de esta cantidad infringe la Ley de Tránsito en el Ecuador.
- Se analizó y se diseñó el algoritmo de conteo de pasajeros en un medio de transporte interprovincial mediante la utilización de visión artificial, la cual permitió identificar a las personas a través de técnicas de movimiento y aprendizaje, luego se procedió a contabilizar el movimiento de las personas hacia dentro o hacia fuera del bus para finalmente determinar si existe o no exceso de pasajeros.
- Se realizó la implementación del sistema de conteo de pasajeros basado en la visión artificial, utilizando una cámara de video ubicado en el interior de un bus de la Cooperativa San Juan de la Provincia de Tungurahua, además se utilizó la librería OpenCV y la configuración de equipos hardware y software para el desarrollo.
- Al sistema de conteo se realizó las pruebas funcionales con total de 45 pasajeros de la cual se pudo obtener una efectividad del 92 % al momento de contar los pasajeros existiendo un margen de error del 8% esto debido a la complejidad de la identificación de personas en el bus, además es necesario la capacitación del personal para la manipulación y soporte del sistema.
- Fue necesaria la utilización de operaciones morfológicas para el procesamiento de las imágenes para luego llevar a cabo el conteo de las personas utilizando una red neuronal.

- Cabe destacar que el propósito de este proyecto es utilizar una tecnología que es accesible fácilmente y de bajo costo, ya que, para el conteo solo se necesita de una cámara de video.
- El proyecto resuelve un problema que día a día se demuestra en casi todos los rincones del país, que es, el incumplimiento de las leyes de tránsito, en cuanto a exceso de pasajeros se refiere además, asegura que los ocupantes del bus viajen cómodos y seguros a los diferentes destinos.
- Los resultados obtenidos demuestran que el sistema se puede implementar en cualquier bus interprovincial del país que tenga características similares al utilizado en este proyecto.
- Es necesario que, la luminosidad en la zona de interés sea la adecuada, ya que cualquier cambio en esta hace que el error aumente.
- Es viable utilizar redes neuronales artificiales para realizar el conteo de personas dándole un entrenamiento adecuado a la misma.
- Aun cuando los resultados presentados son aceptables, sería mejor obtener un porcentaje de error menor y eso se lo podría mejorar con la implementación de un sistema que detecte la luminosidad adecuada para que, la aumente o disminuye dependiendo de las necesidades del sistema.
- Las operaciones morfológicas de la imagen tienen una secuencia a seguir, haciendo con esto que, la imagen de la persona en movimiento quede limpia en relación al fondo estático.
- Las Redes Neuronales Artificiales fueron realizadas en el Lenguaje de Programación C++ y usando la biblioteca OpenCV.
- Las Redes Neuronales Artificiales deben estar muy bien entrenada, ya que de esto depende el éxito del conteo.
- El control humano del exceso de pasajeros sería lo ideal, pero esto no se da, ya que no existe la cantidad suficiente de personal que lo haga, debido al excesivo número de unidades de transporte y frecuencias.

- El sistema de conteo aumenta la seguridad en el transporte y mejora la comodidad de viaje.
- El uso de la Visión Artificial mejoró un problema social, y permitió el manejo de información compleja.
- Es más complejo realizar clasificaciones de objetos en movimiento que de imágenes sólidas.

4.1 Recomendaciones

- Se recomienda a los medios de transporte cumplan con lo que establece la ley en lo referente a la capacidad máxima de pasajeros que debe transportar en sus interiores con la finalidad de no pagar multas por infringir la ley.
- Además, se recomienda analizar más a fondo la visión artificial mediante redes neuronales para detectar objetos en espacios donde no se pueda identificar a las personas con facilidad con la finalidad de desarrollar sistemas de buena calidad.
- Se utiliza el sistema implementado para tener un reporte detallado de las infracciones de tránsito que pueda cometer el medio de transporte al llevar pasajeros que superen la cantidad máxima permitida por la Ley de Tránsito.
- De existir algún requerimiento adicional que necesite ser desarrollado en la aplicación, la persona que da soporte a la misma será encargado de adicionar los nuevos requerimientos ya que es una aplicación de fácil manejo, control y programación.
- Utilizar una cámara de buena calidad, ya que el video a capturar debe ser lo más nítido posible para obtener buenos resultados.
- La conexión de la cámara en el interior del bus debe ser lo más precisa posible para obtener una buena calidad de imagen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albores, P. (2002). Seguimiento de objetos por medio de visión activa. *Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica*, 50.
- ANT, D. (31 de Diciembre de 2016). *Reglamento de Transporte Terrestre Turístico*. Recuperado el 10 de enero de 2017. Obtenido de <http://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/REGLAMENTO-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TURÍSTICO.pdf>
- Bazaga, A. R. (18 de Enero de 2017). *Oficina de Software Libre de la Universidad de la Laguna*. Recuperado el 08 de junio de 2016. Obtenido de <https://osl.ull.es/software-libre/opencv-librería-visión-computador/>
- Bishop, C. (1995). *Neural Networks for Pattern Recognition*. Oxford.
- Chang, O. (2016). *A Deep Architecture for Visually Analyze Pap Cells*. Latacunga.
- Comerio, D. E. (28 de Abril de 2015). Los robos en buses, historias dramáticas que se repiten a diario en Guayaquil. *El Comercio*, pág. 26.
- Compustar. (11 de Junio de 2016). *Compustar*. Recuperado el 30 de enero de 2017. Obtenido de <http://www.pyncompustar.com/tienda/cámaras-web/44-cámara-hd-facecam-1000x.html>
- Cuevas, T. R. (2013). *Conteo de Personas mediante Videocámara*. Iztapalapa: Autónoma.
- Dueñas, C. P. (2009). *Apuntes de Visión Artificial*. Recuperado el 20 de marzo de 2016, de <http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/Robótica/ApuntesVA/cap1IntroVA.pdf>
- Etitudela. (29 de Julio de 2016). *Etitudela*. Recuperado el 01 de mayo de 2016. Obtenido de <http://www.etitudela.com/célula/downloads/visiónartificial.pdf>

- García, A. (2104). *Sistema de visión artificial para conteo de personas*. España: Univesidad Autónoma de Madrid.
- Ghaziri, H. (1996). *Optimización Heurística y Redes Neuronales*. Madrid: Editado por Díaz Fernández Adenso.
- Ghiassi, M. (2005). A Dynamic Architecture for Artificial Neural Networks. *Neurocomputing*, 397-413.
- Gonzáles, R., & Woods, R. (2001). *Digital Image Processing*. Prentice Hall.
- Hagan, M. (1992). The MathWorks Inc. "*Neural Network Toolbox: User's Guide*".
- Kolen, J., & Pollack, J. (1990). Back Propagation is Sensitive to Initial Conditions. *Complex Systems*, 269-280.
- Loaiza, A. (2012). Sistema de Visión Artificial para conteo de objetos en movimiento. *El hombre y la máquina*, 91-100.
- Maldonado, M. (12 de Diciembre de 2016). *Documents.mx*. Recuperado el 01 de diciembre de 2016. Obtenido de <http://documents.mx/documents/tesis-mauro-2006.html>
- Manzano, D. (2012). Sistema de Visión Artificial para conteo de objetos en movimiento. *El hombre y la máquina*, 87-101.
- Masoud, O., & Papanikolopoulos, N. (2001). A novel method for tracking and counting pedestrians in real-time using. *Trans, on vehicular tech*, 1267-1278.
- McCulloch, W., & Pitts, W. (1943). A Logical Calculus of the Ideas Imminents in Nervous Activity. *Bulletin and Mathematical Biophysics*, 115-133.
- Molina, S. (15 de Junio de 2016). *Introducción a las librerías OpenCv*. Recuperado el 24 de mayo de 2016. Obtenido de <http://web-sisop.disca.upv.es/imd/cursosAnteriors/2k3-2k4/copiaTreballs/serdelal/trabajoIMD.xml>
- Molina, S. (19 de Febrero de 2017). *Introducción a las librerías de OpenCV*. Recuperado el 18 de agosto de 2016 Obtenido de <http://web-sisop.disca.upv.es/imd/cursosAnteriors/2k3-2k4/copiaTreballs/serdelal/trabajoIMD.xml>

- Múnera, L. (12 de Diciembre de 2016). *Redalyc*. Recuperado el 10 de junio de 2016. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/478/47826850010/>
- Pajares, M., & De la Cruz, J. (2008). *Visión por computador: Imágenes digitales y aplicaciones*. Madrid: Alfaomega.
- Ponce, P. (06 de Junio de 2016). *Inteligencia Artificial*. Recuperado el 02 de septiembre de 2016. Obtenido de <http://proton.ucting.udg.mx/posgrado/cursos/idc/neuronals2/General2.htm>
- Programación, A. d. (15 de Junio de 2016). *Opencv: Transformaciones Morfológicas*. Recuperado el 10 de octubre de 2016. Obtenido de <http://tronk.hol.es/opencv-transformaciones-morfológicas/>
- Samsung. (8 de Septiembre de 2016). *Samsung*. Recuperado el 20 de enero de 2017. Obtenido de www.samsungsecurity.com
- Vélez, J. (2003). *Visión por Computador* (Vol. 2). Madrid: Universidad Rey Juan Carlos.

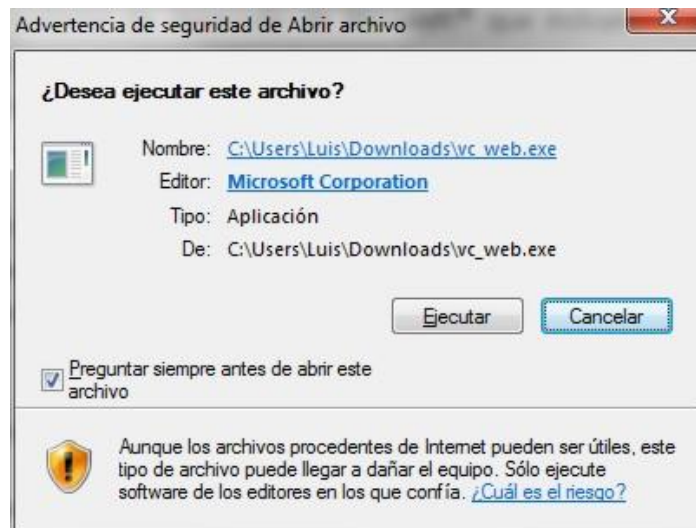
ANEXO

ANEXO A

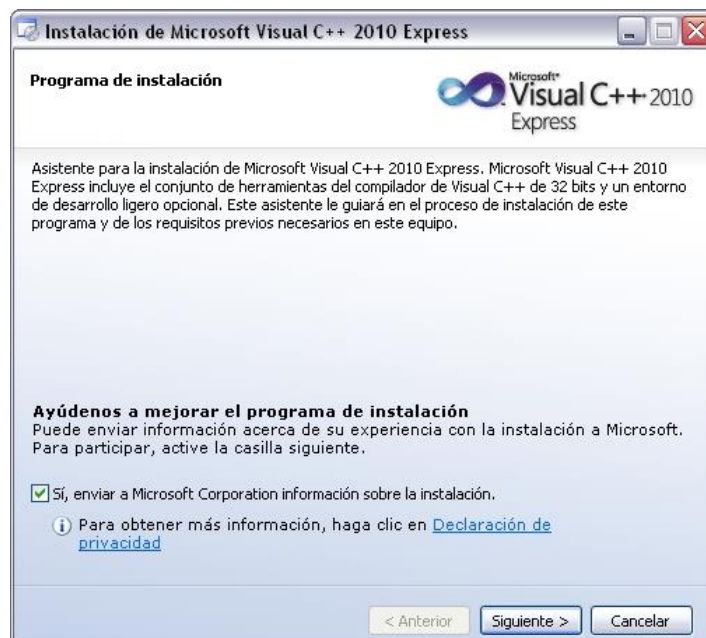
MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA

Instalación de Microsoft Visual C++ 2010 Express

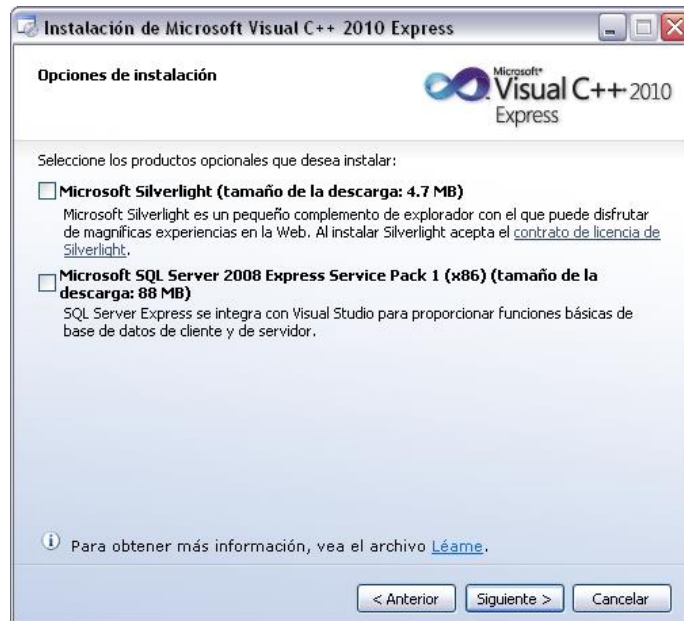
1. Descargar el instalador de Microsoft Visual C++ 2010 Express.
2. Presionar Ejecutar en el archivo .exe



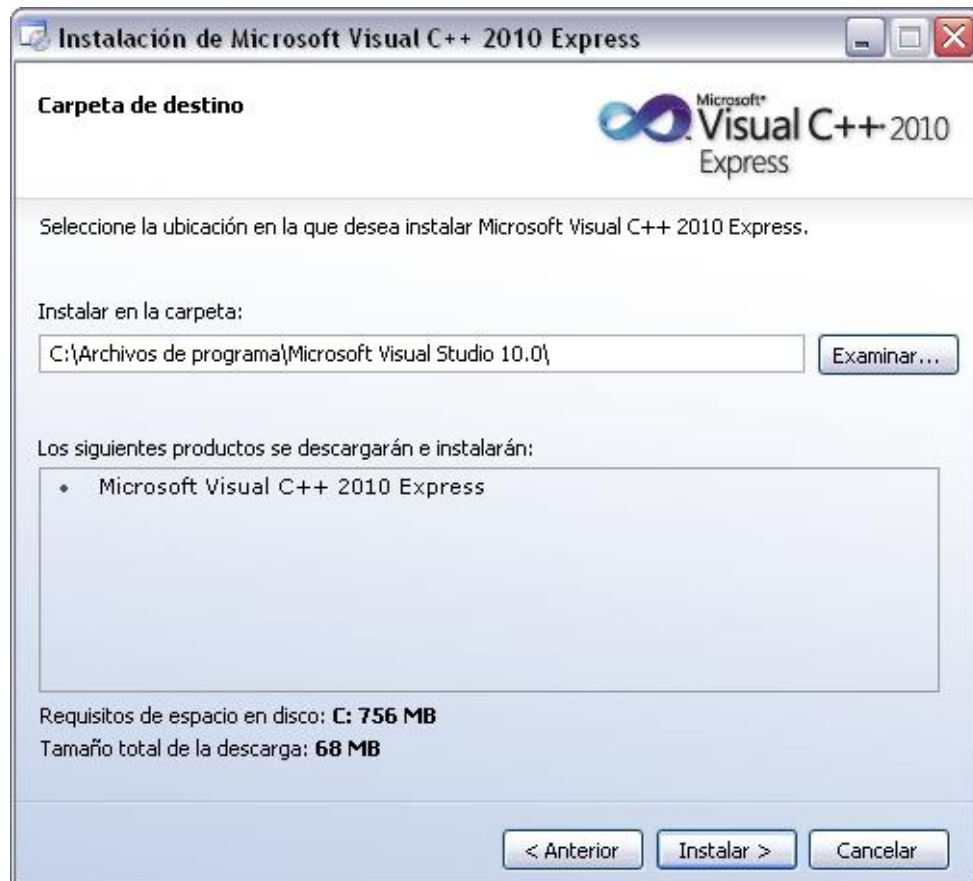
3. Pulsar siguiente en el asistente de instalación.



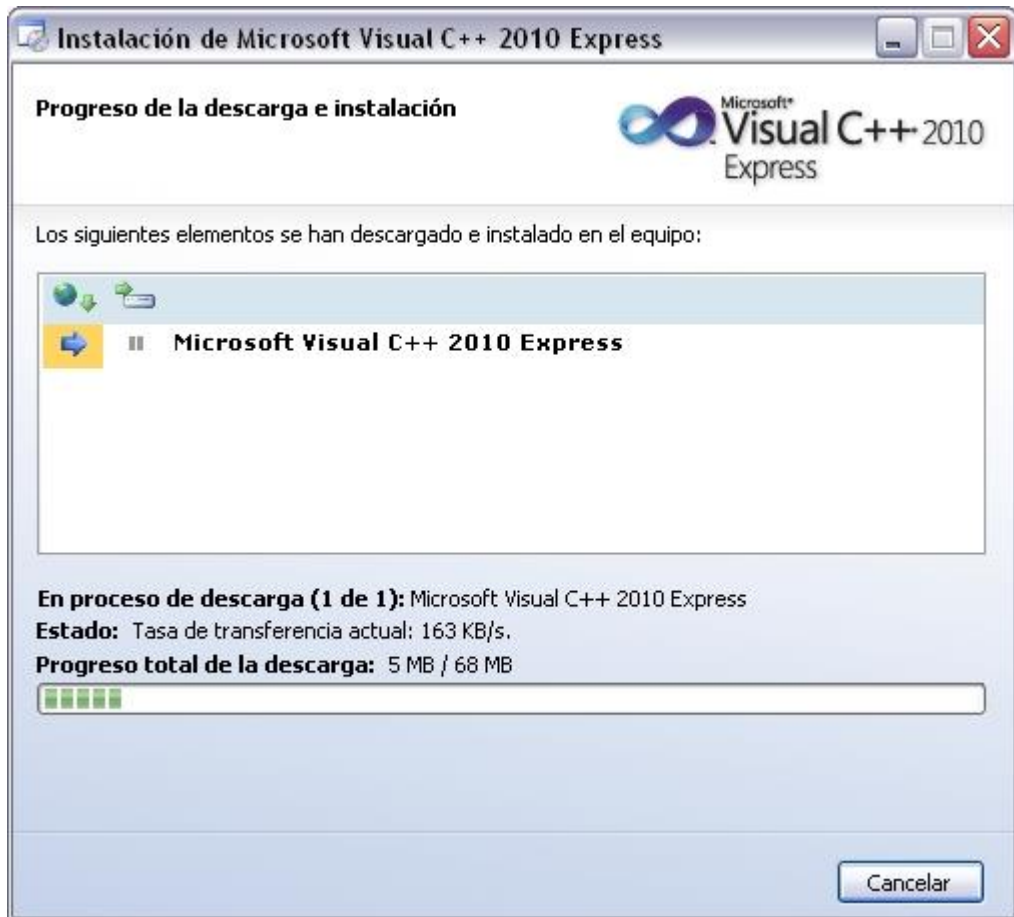
4. Pulsar en la opción he leído los términos y condiciones, si se necesita un componente adicional seleccionarlo, de lo contrario poner Siguiente.



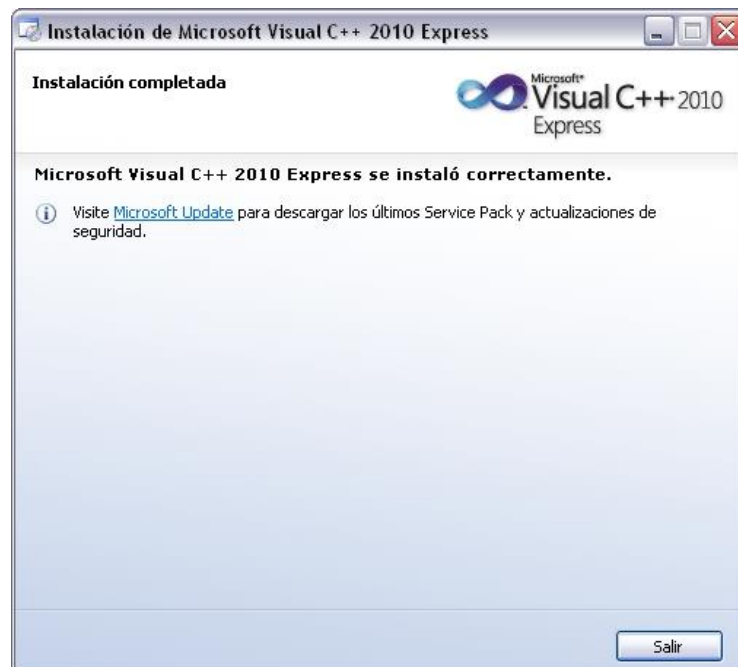
5. Aceptar la ubicación y pulsar Instalar.



6. Se llegará al cuadro final del asistente.

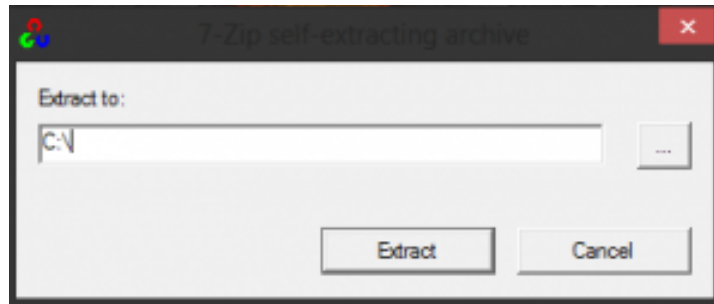


7. Pulsar Salir. El programa está instalado.

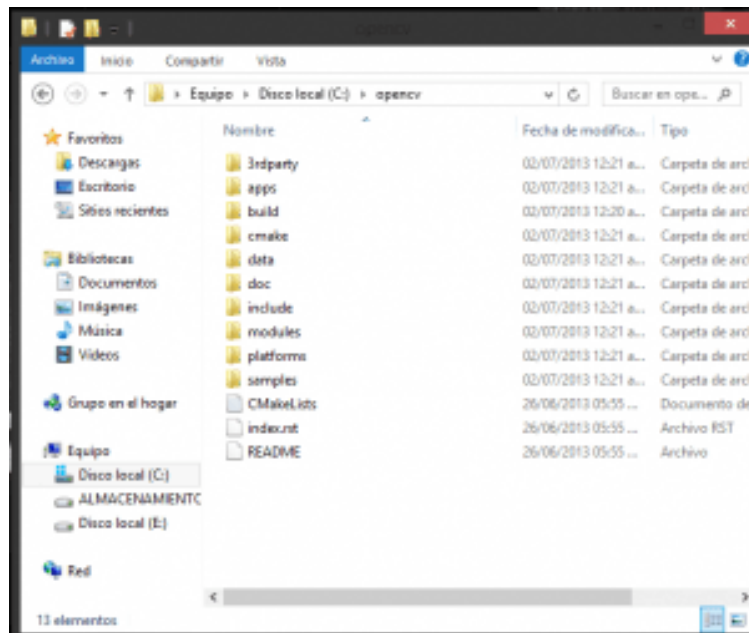


Instalación de OpenCV

1. Descargar OpenCV desde la página de descargas
2. Abrir el ejecutable.
3. Seleccionar la carpeta donde queremos la instalación.

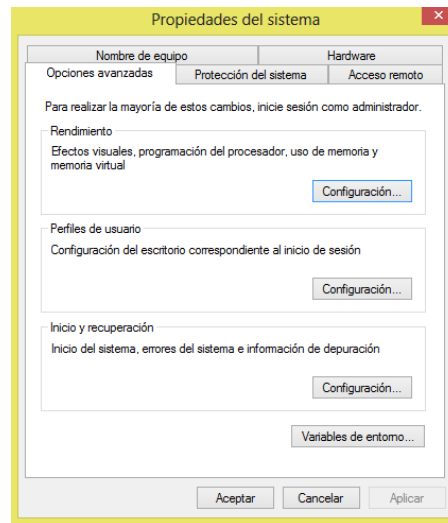


4. En este caso es la carpeta C.

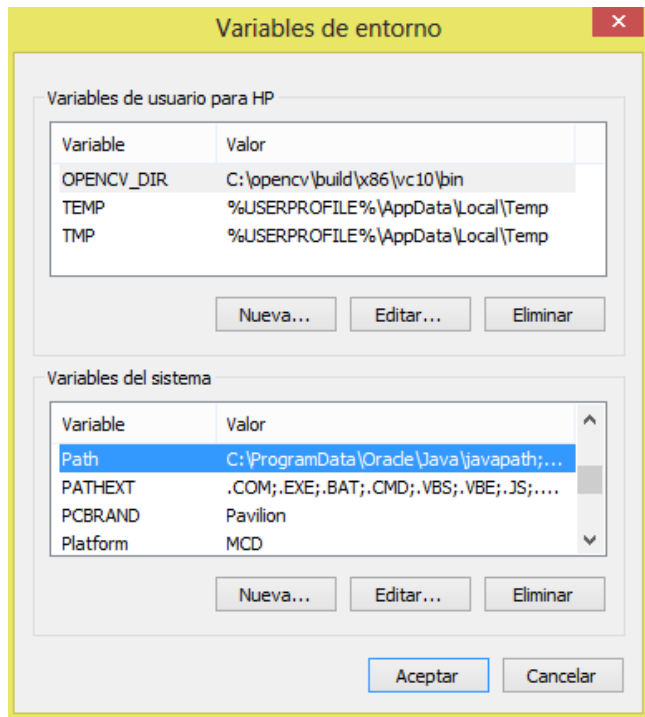


Registro de los directorios de OpenCV en las variables del sistema.

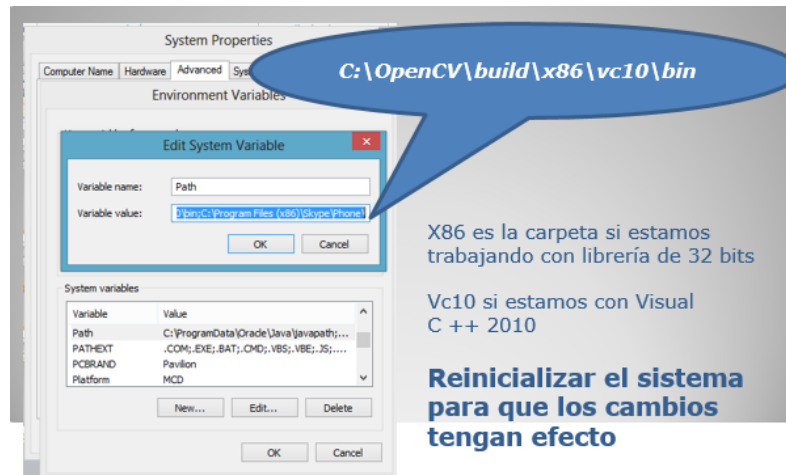
5. Inicio-Panel de Control-Sistema-Opciones Avanzadas.



6. Variables de Entorno, Variables del Sistema y clic en PATH.



7. Modificar Path agregando la ubicación de la clase al valor de Path.



Instalar OpenCV

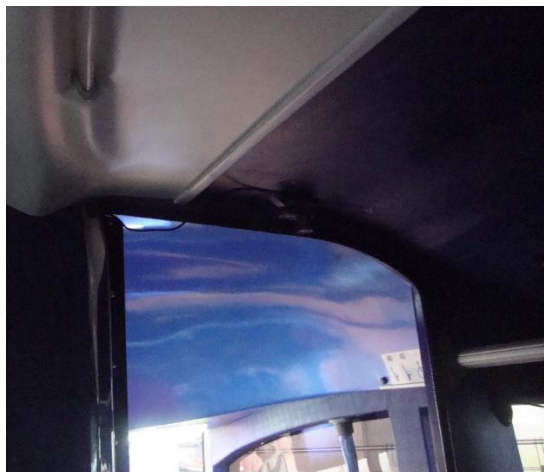
8. Reiniciar el equipo.

Instalación física del equipo

1. Poner la cámara en la posición adecuada de captura de imágenes.



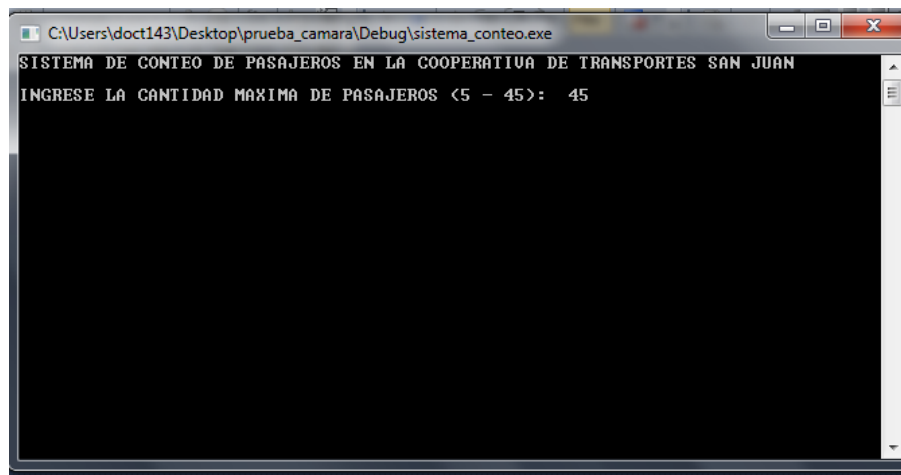
2. Conectar la cámara a la extensión de cable USB.



3. Conectar la extensión a la PC.
4. Encender la PC.

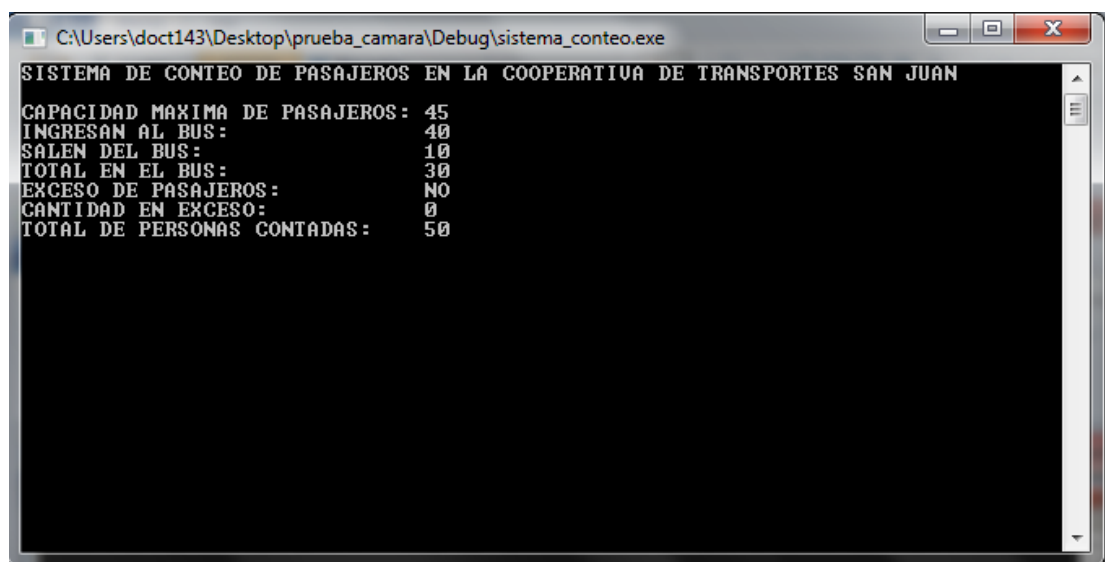
Ejecución del programa de conteo

1. Ejecutar el programa sistema_conteo.
2. Ingresar la capacidad máxima de pasajeros



```
C:\Users\doct143\Desktop\prueba_camara\Debug\sistema_conteo.exe
SISTEMA DE CONTEO DE PASAJEROS EN LA COOPERATIVA DE TRANSPORTES SAN JUAN
INGRESE LA CANTIDAD MAXIMA DE PASAJEROS <5 - 45>: 45
```

3. Se inicia el sistema de conteo automáticamente.



```
C:\Users\doct143\Desktop\prueba_camara\Debug\sistema_conteo.exe
SISTEMA DE CONTEO DE PASAJEROS EN LA COOPERATIVA DE TRANSPORTES SAN JUAN
CAPACIDAD MAXIMA DE PASAJEROS: 45
INGRESAN AL BUS: 40
SALEN DEL BUS: 10
TOTAL EN EL BUS: 30
EXCESO DE PASAJEROS: NO
CANTIDAD EN EXCESO: 0
TOTAL DE PERSONAS CONTADAS: 50
```



4. Cuando supere la cantidad máxima de pasajeros existirá exceso

```
SISTEMA DE CONTEO DE PASAJEROS EN LA COOPERATIVA DE TRANSPORTES SAN JUAN
CAPACIDAD MAXIMA DE PASAJEROS: 45
ENTRAN AL BUS: 58
SALEN DEL BUS: 0
TOTAL EN EL BUS: 58
EXCESO DE PASAJEROS: 13
CANTIDAD EN EXCESO: 13
TOTAL DE PERSONAS CONTADAS: 58
```



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo de titulación fue desarrollado por la señorita Patricia Anabel Chato Chisaguano.

En la ciudad de Latacunga el 23 del mes de febrero del 2017.

Ing. Darío Mendoza
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:

Ing. Vicente Halló
DIRECTOR DE CARRERA

Dr. Rodrigo Vaca
SECRETARIO ACADÉMICO